PENTRU UZ DIDACTIC • UTILIZAREA ÎN SCOP COMERCIAL STRICT INTERISA

D. MATEESCU & I. CARABA

CONSTRUCȚII METALICE

CALCULUL ȘI PROIECTAREA ELEMENTELOR DIN OȚEL

ED. 1980

Cuprins

PREFAȚA 5

Partea întîi

Elemente de construcții din oțel realizate din produse laminate la cald

1. Materiale pentru executarea construcțiilor metalice 19
1.1. Oțeluri utilizate în R. S. România pentru confecționarea construcțiilor metalice 19
1.1.1. Oțeluri de uz general 19
1.1.2. Oțeluri rezistente la coroziune atmosferică 26
1.1.3. Oțeluri cu granulație fină pentru construcții sudate 26
1.1.4. Oțeluri criogenice 28
1.1.5. Oțeluri cu limita de curgere foarte ridicată 28
1.1.6. Oțeluri aliate 28
1.2. Recomandări privind alegerea calității materialelor 29
1.2.1. Materiale pentru elemente de construcții din oțel 32
1.2.2. Materiale pentru îmbinări 37
1.3. Sortiment de produse finite din oțel folosit la uzinarea construcțiilor metalice 48
1.3.1. Produse laminate 48
1.3.2. Elemente de îmbinare 98
1.4. Exemple de alegere a calității materialului 98

2. Elemente generale de dimensionare a construcțiilor din oțel 105
2.1. Generalități 105
2.1.1. Unități de măsură 105
2.1.2. Metode de calcul ale construcțiilor din oțel 107
2.1.3. Acțiuni în construcții 107
2.1.4. Caracteristicile acțiunilor și materialelor 126
2.1.5. Indicații generale privind alcătuirea secțiunii elementelor de construcții din oțel 129
2.2. Metoda de calcul după stările limită 133
2.2.1. Principiile metodei 133
2.2.2. Gruparea acțiunilor 134
2.2.3. Verificarea siguranței construcțiilor după metoda stărilor limită 137
2.3. Metoda rezistențelor admisibile 149
2.3.1. Principiul metodei 149
2.3.2. Încărcări, acțiuni 150
2.3.3. Verificarea siguranței construcțiilor după metoda rezistențelor admisibile 152
2.4. Condiții constructive 154

3. Bare solicitate la întindere 158
3.1. Elemente de calcul 158
3.1.1. Alcătuirea barelor solicitate la întindere 158
3.1.2. Dimensionarea barelor solicitate la întindere centrică și excentrică 159
3.1.3. Solidarizarea elementelor întinse 163
3.2. Exemple de calcul 165

4. Bare solicitate la compresiune centrică şi excentrică 194
4.1. Elemente de calcul 194
4.1.1. Generalităţi 194
4.1.2. Dimensionarea aproximativă a barelor solicitate la compresiune centrică 196
4.1.3. Verificarea secţiunii barelor solicitate la compresiune centrică 230
4.1.4. Solidarizarea secţiunilor barelor comprimate centric 252
4.1.5. Verificarea secţiunii barelor solicitate la compresiune centrică din încărcări repetate 254
4.1.6. Dimensionarea barelor comprimate excentric 254
4.2. Exemple de calcul 264

5. Elemente solicitate la răsucire. 322
5.1. Elemente de calcul 322
5.1.1. Generalităţi 322
5.1.2. Alcătuirea secţiunii barelor solicitate la răsucire 324
5.1.3. Alegerea secţiunii barelor solicitate la răsucire şi încovoiere-răsucire 327
5.1.4. Calculul elementelor solicitate la răsucire 327
5.2. Exemple de calcul 354

6. Elemente solicitate la încovoiere 401
6.1. Elemente de calcul la grinzi din oţel cu aceleaşi caracteristici mecanice .. 401
6.1.1. Generalităţi 401
6.1.2. Alcătuirea grinzilor cu inimă plină 401
6.1.3. Determinarea elementelor de bază pentru alegerea secţiunii 406
6.1.4. Alegerea secţiunii grinzilor cu inimă plină 425
6.1.5. Verificarea secţiunii grinzilor cu inimă plină 431
6.1.6. Rigidizări 462
6.1.7. Prinderi şi îmbinări la grinzile cu inimă plină..... 465
6.1.8. Etapele principale în proiectarea unei grinzi cu inimă plină 465
6.1.9. Grinzi metalice cu goluri în inimă 465
6.2. Elemente de calcul la grinzi din oţeluri cu caracteristici mecanice diferite. Grinzi hibride 467
6.3. Grinzi cu inimă plină pretensionate 468
6.4. Calculul platelajelor şi planşeelor din oţel 471
6.5. Exemple de calcul 475

7. Grinzi cu zăbrele 596
7.1. Elemente de calcul 596
7.1.1. Generalităţi 596
7.1.2. Alcătuirea grinzilor cu zăbrele 596
7.1.3. Alegerea sistemului grinzilor cu zăbrele 598
7.1.4. Stabilirea dimensiunilor principale ale grinzilor cu zăbrele 598
7.1.5. Calculul solicitărilor în barele grinzilor cu zăbrele 602
7.1.6. Dimensionarea barelor grinzilor cu zăbrele 611
7.1.7. Alcătuirea şi verificarea gusee lor 614
7.2. Exemple de calcul 616

8. Reazeme 650
8.1. Elemente de calcul 650
8.1.1. Reazeme simple 651
8.1.2. Reazeme fixe (articulaţii) 663
8.1.3. Reazeme încastrate 670
8.2. Exemple de calcul 681

9. Îmbinarea elementelor metalice 735
9.1. Elemente de calcul 735
9.1.1. Generalităţi 735
9.1.2. Îmbinări cu nituri 736
9.1.3. Îmbinări cu şuruburi 759
9.1.4. Îmbinări cu sudură 764
9.2. Exemple de calcul 779
9.2.1. Îmbinări cu nituri 779
9.2.2. Îmbinări cu şuruburi 804
9.2.3. Îmbinări cu sudură 820

Partea a doua

Elemente de construcţii din oţel realizate din profile din tablă subţire formate la rece

10. Materiale pentru executarea construcţiilor metalice din profile din tablă subţire. 867
10.1. Materiale din care se confecţionează elementele de construcţii 867
10.2. Materiale de îmbinare 870
10.2.1. Nituri 870
10.2.2. Şuruburi 871
10.2.3. Electrozi 872
10.2.4. Adezivi 872
10.3. Sortiment de profile din tablă subţire 873

11. Elemente generale de dimensionare. 874
11.1. Generalităţi 874
11.2. Calculul caracteristicilor geometrice şi sectoriale 875
11.3. Alcătuirea elementelor de construcţii 881
11.4. Verificări generale 881
11.4.1. Condiţiile capacităţii portante de exploatare..... 886
11.4.2. Condiţiile de rigiditate 886
11.4.3. Condiţiile constructive..... 887
11.5. Exemple de calcul 887

12. Elemente solicitate la întindere centrică 899
12.1. Elemente de calcul 899
12.2. Exemple de calcul 899

13. Elemente solicitate la compresiune centrică. 901
13.1. Elemente de calcul 901
13.1.1. Generalităţi 901
13.1.2. Alcătuirea şi alegerea secţiunii 902
13.1.3. Verificarea elementelor comprimate centric..... 903
13.2. Exemple de calcul 910

14. Elemente solicitate la încovoiere. 920
14.1. Elemente de calcul 920
14.1.1. Alcătuirea secțiunilor 920
14.1.2. Dimensionarea elementelor solicitate la încovoiere 920
14.2. Exemple de calcul 924
15. Elemente supuse la solicitări axiale și de încovoiere. 934
15.1. Elemente de calcul 934
15.1.1. Alcătuirea secțiunilor 934
15.1.2. Verificarea secțiunilor 934
15.2. Exemplu de calcul 936
16. Îmbinarea profilelor din tablă subțire formate la rece 939
16.1. Elemente de calcul 939
16.1.1. Generalități 939
16.1.2. Îmbinări cu nituri 939
16.1.3. Îmbinări cu șuruburi 940
16.1.4. Îmbinări cu sudură 940
16.2. Exemplu de calcul 945
Bibliografie 947

Cuprinsul tabelelor

Partea întîi

Capitolul 1

Tabelul 1.1 Oțeluri de uz general utilizate în R.S. România la uzinarea construcțiilor metalice 22
Tabelul 1.2. Oțeluri rezistente la coroziunea atmosferică și oțeluri cu granulație fină utilizate în R.S. România la uzinarea construcțiilor metalice 24
Tabelul 1.3. Limita de curgere a oțelurilor sudabile pentru diferite trepte de temperatură 28
Tabelul 1.4. Influența gradului de dezoxidare asupra costului 29
Tabelul 1.5. Indicații generale privind alegerea calității oțelurilor 30
Tabelul 1.6. Valorile factorilor *K*, *S*, *B* 33
Tabelul 1.7. Șuruburi. Piulițe. Grupe de caracteristici mecanice 39
Tabelul 1.8. Recomandări privind alegerea calității materialelor de îmbinare 40
Tabelul 1.9. Condiții și oțeluri indicate pentru executarea șuruburilor 42
Tabelul 1.10. Calități de electrozi pentru sudare fabricați la Cîmpia Turzii 46
Tabelul 1.11. Calități de electrozi pentru sudare fabricați la Buzău 47
Tabelul 1.12. Sîrme și fluxuri pentru sudarea automată a oțelurilor 47
Tabelul 1.13. Oțel I (Dimensiuni, mase, mărimi statice)..... 49
Tabelul 1.14. Oțel I economic (Dimensiuni, mase, mărimi statice) 50
Tabelul 1.15. Oțel U (Dimensiuni mase, mărimi, statice) 51
Tabelul 1.16. Oțel U economic (Dimensiuni, mase, mărimi statice) 52
Tabelul 1.17. Oțel cornier cu aripi egale (Dimensiuni, mase, mărimi statice) 53
Tabelul 1.18. Oțel cornier cu aripi neegale (Dimensiuni, mase, mărimi statice) 56
Tabelul 1.19. Oțel pătrat 58
Tabelul 1.20. Șina de rulare KP 59
Tabelul 1.21. Șina de rulare tip A 60
Tabelul 1.22. Oțel rotund 61
Tabelul 1.23. Țevi din oțel fără sudură laminate la cald 63
Tabelul 1.24. Țevi profilate din oțel fără sudură. Țevi pătrate 66
Tabelul 1.25. Țevi profilate din oțel fără sudură. Țevi dreptunghiulare 67
Tabelul 1.26. Bandă de oțel 68
Tabelul 1.27. Oțel lat 70
Tabelul 1.28. Platbandă 72
Tabelul 1.29. Tablă groasă 73
Tabelul 1.30. Tablă groasă. Masa foilor de tablă (kg/m) pentru lățimea *a* și grosimea *t* 74
Tabelul 1.31. Tablă striată 76
Tabelul 1.32. Tablă ondulată 77
Tabelul 1.33. Profile din tablă cutată 78
Tabelul 1.34. Oțel T 79
Tabelul 1.35. Șuruburi nepăsuite solicitate numai la întindere. Dimensiuni 80
Tabelul 1.36. Șuruburi nepăsuite solicitate la forfecare sau întindere și forfecare. Dimensiuni 82

Tabelul 1.37. Şuruburi nepăsuite (grosolane şi semiprecise) Masa elementelor de îmbinare 84
Tabelul 1.38. Şuruburi păsuite. Dimensiuni şi mase 86
Tabelul 1.39. Şuruburi de înaltă rezistenţă pretensionate. Dimensiuni şi mase 90
Tabelul 1.40. Şaibe pentru îmbinări cu şuruburi. Dimensiuni 93
Tabelul 1.41. Principalii furnizori din R.S. România de produse din care se confecţionează construcţii metalice 94

Capitolul 2

Tabelul 2.1. Mărimi mecanice exprimate în sistemul SI 105
Tabelul 2.2. Denumirile şi simbolurile prefixelor 106
Tabelul 2.3. Unităţi de măsură SI 106
Tabelul 2.4. Încărcări permanente. Învelitori 108
Tabelul 2.5. Relaţii de calcul pentru forţele orizontale aduse de podurile rulante 110
Tabelul 2.6. Poduri rulante de uz general. Dimensiuni şi gabarite. Apăsarea roţilor, mase şi viteze de deplasare a podurilor 111
Tabelul 2.7. Acţiunea vîntului 118
Tabelul 2.8. Încărcări date de zăpadă 122
Tabelul 2.9. Grupele de funcţionare a podurilor rulante 126
Tabelul 2.10. Coeficienţi dinamici ψ şi α pentru calculul grinzilor căilor de rulare 127
Tabelul 2.11. Coeficienţi de simultaneitate la podurile rulante 127
Tabelul 2.12. Numărul podurilor rulante prevăzute a acţiona simultan 128
Tabelul 2.13. Caracteristici fizico-mecanice ale materialelor metalice 129
Tabelul 2.14. Coeficienţii acţiunilor 134
Tabelul 2.15. Alcătuirea grupărilor de acţiuni 136
Tabelul 2.16. Rezistenţe de calcul pentru oţel laminat 138
Tabelul 2.17. Valorile coeficienţilor a, b, c pentru calcul la oboseală 140
Tabelul 2.18. Grupele de crestare a elementelor şi îmbinărilor pentru verificarea la oboseală 140
Tabelul 2.19. Coeficienţii de zvelteţe admisibili λ_a 145
Tabelul 2.20. Săgeţi admisibile f_a 148
Tabelul 2.21. Ipoteze de încărcare şi grupări de acţiuni 151
Tabelul 2.22. Coeficienţi de siguranţă 152
Tabelul 2.23. Rezistenţe admisibile pentru calculul elementelor din oţel laminat 152
Tabelul 2.24. Dimensiunile minime ale laminatelor folosite la confecţionarea construcţiilor din oţel 155
Tabelul 2.25. Distanţa minimă s dintre elementele secţiunii pentru asigurarea întreţinerii 156

Capitolul 4

Tabelul 4.1. Clasificarea secţiunilor transversale pe grupe de secţiuni pentru calculul la flambaj 197
Tabelul 4.2. Coeficienţi de flambaj φ. Curba A—23 199
Tabelul 4.3. Coeficienţi de flambaj φ. Curba B—23 199
Tabelul 4.4. Coeficienţi de flambaj φ. Curba C—23 200
Tabelul 4.5. Coeficienţi de flambaj φ. Curba A—24 200
Tabelul 4.6. Coeficienţi de flambaj φ. Curba B—24 201
Tabelul 4.7. Coeficienţi de flambaj φ. Curba C—24 201
Tabelul 4.8. Coeficienţi de flambaj φ. Curba A—26 202
Tabelul 4.9. Coeficienţi de flambaj φ. Curba B—26 202
Tabelul 4.10. Coeficienţi de flambaj φ. Curba C—26 203
Tabelul 4.11. Coeficienţi de flambaj φ. Curba A—29 203
Tabelul 4.12. Coeficienţi de flambaj φ. Curba B—29 204
Tabelul 4.13. Coeficienţi de flambaj φ. Curba C—29 204
Tabelul 4.14. Coeficienţi de flambaj φ. Curba A—34 205

Tabelul 4.15. Coeficienţi de flambaj φ. Curba B—34 205
Tabelul 4.16. Coeficienţi de flambaj φ. Curba C—34 206
Tabelul 4.17. Coeficienţi de flambaj φ. Curba A—36 206
Tabelul 4.18. Coeficienţi de flambaj φ. Curba B—36 207
Tabelul 4.19. Coeficienţi de flambaj φ. Curba C—36 207
Tabelul 4.20. Coeficienţi de flambaj φ. Curba A—43 208
Tabelul 4.21. Coeficienţi de flambaj φ. Curba B—43 208
Tabelul 4.22. Coeficienţi de flambaj φ. Curba A—47 209
Tabelul 4.23. Coeficienţi de flambaj φ. Curba B—47 209
Tabelul 4.24. Coeficienţi de flambaj φ. pentru OL 37 grupa de secţiuni a 210
Tabelul 4.25. Coeficienţi de flambaj φ pentru OL 37 grupa de secţiuni b 210
Tabelul 4.26. Coeficienţi de flambaj φ pentru OL 44 grupa de secţiuni a 211
Tabelul 4.27. Coeficienţi de flambaj φ pentru OL 44 grupa de secţiuni b 211
Tabelul 4.28. Coeficienţi de flambaj φ pentru OL 52 grupa de secţiuni a 212
Tabelul 4.29. Coeficienţi de flambaj φ pentru OL 52 grupa de secţiuni b 212
Tabelul 4.30. Coeficienţii de profil K şi coeficienţii razelor de giraţie α_x şi α_y 214
Tabelul 4.31. Valorile coeficienţilor de zvelteţe în funcţie de coeficienţii ξ_A; ξ_B, ξ_C pentru oţeluri cu R_c=23 daN/mm²; R_c=24 daN/mm²; R_c=26 daN/mm². 215
Tabelul 4.32. Valorile coeficienţilor de zvelteţe în funcţie de coeficienţii ξ_A; ξ_B, ξ_C, pentru oţeluri cu R_c=29 daN/mm²; R_c=34 daN/mm²; R_c=36 daN/mm² 219
Tabelul 4.33. Valorile coeficienţilor de zvelteţe în funcţie de coeficienţii ξ_A, ξ_B, pentru oţeluri cu R_c=43 daN/mm²; R_c=47 daN/mm² 220
Tabelul 4.34. Valorile coeficienţilor de zvelteţe în funcţie de ξ_A, ξ_B şi marca oţelului 221
Tabelul 4.35. Lungimi de flambaj. Grinzi cu zăbrele 222
Tabelul 4.36. Lungimi de flambaj. Stîlpi 223
Tabelul 4.37. Secţiuni T obţinute prin tăierea în două a unui profil I. Dimensiuni, mase, mărimi statice. 231
Tabelul 4.38. Secţiuni T cu $I_x=I_y$ obţinute prin tăiere dintr-un profil I. Dimensiuni, mase, mărimi statice. 232
Tabelul 4.39. Secţiuni compuse simplu T. Dimensiuni, mărimi statice 233
Tabelul 4.40. Secţiuni compuse din două corniere cu aripi egale puţin depărtate ⊤⊤. Mărimi statice 234
Tabelul 4.41. Secţiuni compuse din două corniere cu aripi neegale puţin depărtate ⊤⊤. Mărimi statice 235
Tabelul 4.42. Secţiuni compuse din două corniere cu aripi neegale puţin depărtate ⊤⊤. Mărimi statice 236
Tabelul 4,43. Secţiuni compuse din două corniere cu aripi egale puţin depărtate ◇. Mărimi statice 237
Tabelul 4.44. Secţiuni compuse din două corniere cu aripi egale puţin depărtate ⊤. Mărimi statice 238
Tabelul 4.45. Secţiuni compuse din două profice][. Dimensiuni, mărimi statice 239
Tabelul 4.46. Secţiuni compuse din două profile [ ]. Dimensiuni, mărimi statice 240
Tabelul 4.47. Secţiuni compuse din două profile U şi o singură platbandă ⊐⊏. Dimensiuni, mărimi statice 241
Tabelul 4.48. Secţiuni compuse dublu T. Dimensiuni, mărimi statice 242
Tabelul 4.49. Secţiuni compuse în forma de π, Π, $\overline{\Pi}$. Dimensiuni, mărimi statice 244
Tabelul 4.50. Caracteristici sectoriale pentru secţiuni cu o axă de simetrie 246
Tabelul 4.51. Coeficienţii k_1 şi k_2 în funcţie de marca oţelului şi coeficientul de zvelteţe λ 248
Tabelul 4.52. Coeficientul n pentru calculul coeficientului λ_{ir} la solidarizarea cu zăbrelute 252

Tabelul 4.53. Coeficienţii C_x şi C_y 258
Tabelul 4.54. Valorile rezistenţei critice Euler 259
Tabelul 4.55. Valorile coeficientului γ din relaţia (4.48) 260
Tabelul 4.56. Valorile coeficientului ξ pentru calculul lui λ_{tr} 261
Tabelul 4.57. Valorile coeficientului k_3 în funcţie de ψ 263

Capitolul 5

Tabelul 5.1. Bare răsucite. Secţiuni recomandate 326
Tabelul 5.2. Coeficienţii α şi β 328
Tabelul 5.3. Oţel I. Mărimi sectoriale 329
Tabelul 5.4. Oţel U. Mărimi sectoriale 340
Tabelul 5.5. Caracteristici geometrice şi sectoriale pentru secţiunile transversale cele mai uzuale 341
Tabelul 5.6. Deformaţii (φ) şi solicitări (M_{rt}, B, M_ω) la bare cu pereţi subţiri cu profil simplu conex solicitate la răsucire împiedicată 345
Tabelul 5.7. Valorile coeficienţilor a şi b 349

Capitolul 6

Tabelul 6.1. Grinzi cu înălţime variabilă. Forme şi raporte recomandate 401
Tabelul 6.2. Reacţiuni, momente încovoietoare şi săgeţi la grinzi drepte cu moment de inerţie constant 408
Tabelul 6.3. Grinzi continue cu deschideri egale. Coeficienţi Winkler pentru calculul solicitărilor M şi T. 416
Tabelul 6.4. Grinzi cu tiranţi. Relaţii de calcul a solicitărilor 420
Tabelul 6.5. Grinda simplu rezemată cu moment de inerţie constant sau variabil încărcată cu forţe concentrate sau distribuite normale pe axa grinzii 421
Tabelul 6.6. Grinzi continue cu deschideri egale (Numărul deschiderilor > 3). Solicitări M, T produse de un pod rulant 422
Tabelul 6.7. Coeficientul θ pentru aproximarea greutăţii proprii 423
Tabelul 6.8. Coeficienţii β şi ρ 424
Tabelul 6.9. Coeficienţii ξ_1 şi ξ_2 425
Tabelul 6.10. Grinzi cu inimă plină. Rapoarte orientative h/l 426
Tabelul 6.11. Grinzi sudate. Recomandări pentru stabilirea dimensiunilor secţiunii transversale (construcţii civile, industriale şi agricole) 427
Tabelul 6.12. Grinzi sudate. Recomandări pentru stabilirea dimensiunilor secţiunii transversale (Construcţii metalice hidrotehnice şi poduri metalice) 428
Tabelul 6.13. Grinzi nituite. Recomandări pentru stabilirea dimensiunilor secţiunii transversale 129
Tabelul 6.14. Rapoarte recomandate între înălţimea grinzii şi grosimea inimii 430
Tabelul 6.15. Grinzi compuse. Momente de inerţie I_x, ale inimii, ... 433
Tabelul 6.16. Grinzi compuse. Momente de inerţie I_x, pentru două pachete de platbande cu lăţimea de 1 cm 434
Tabelul 6.17. Grinzi compuse nituite. Momente de inerţie I_x, pentru 4 corniere cu aripi egale 436
Tabelul 6.18. Grinzi compuse nituite. Momente de inerţie I_x, pentru 4 corniere cu aripi neegale 440
Tabelul 6.19. Grinzi cu inimă plină cu secţiune simetrică. Relaţii pentru calcul la stabilitate locală a inimilor (voalare) 446
Tabelul 6.20. Grinzi cu inimă plină cu secţiune nesimetrică. Relaţii pentru calcul la stabilitate locală a inimii (voalare). 448
Tabelul 6.21. Coeficientul k_0 451
Tabelul 6.22. Coeficientul c 451
Tabelul 6.23. Coeficientul $\eta = \sigma_l/\sigma$ pentru grinzi cu secţiune simetrică 452

Tabelul 6.24. Coeficientul k_2 452
Tabelul 6.25. Coeficientul k_1 452
Tabelul 6.26. Coeficientul k_3 453
Tabelul 6.27. Coeficientul k_4 453
Tabelul 6.28. Grinzi cu inimă plină. Relaţii pentru calculul la stabilitate locală (voalare) 454
Tabelul 6.29. Relaţii pentru calculul rezistenţelor critice la voalare (σ_{1cr} ; τ_{cr} ; σ_{1cr}) 455
Tabelul 6.30. Efortul unitar critic de comparaţie redus ($\sigma_{cr\ comp\ red}$) şi coeficientul de siguranţă la flambaj (c_f) corespunzător pentru oţelurile marca OL 37 ; OL 44, OL 52 456
Tabelul 6.31. Grinzi cu înălţime variabilă. Calculul săgeţii 459
Tabelul 6.32. Expresiile integralei $\int Mmdl$ 460
Tabelul 6.33. Grinzi ajurate. Dimensiuni, mărimi statice 466
Tabelul 6.34. Lăţimea maximă a plăcii platelajului la stavile în funcţie de modul de rezemare 474

Capitolul 7

Tabelul 7.1. Grinzi cu zăbrele. Înălţimi recomandate 600
Tabelul 7.2. Pantele acoperişurilor 601
Tabelul 7.3. Greutatea proprie a fermelor 603
Tabelul 7.4. Greutatea proprie a panelor 604
Tabelul 7.5. Grinzi cu zăbrele trapezoidale. Relaţii pentru calculul solicitărilor .. 605
Tabelul 7.6. Grinzi cu zăbrele trapezoidale cu bare suplimentare. Relaţii pentru calculul solicitărilor 606
Tabelul 7.7. Grinzi cu zăbrele cu tălpi paralele cu diagonale în K. Relaţii pentru calculul solicitărilor 607
Tabelul 7.8. Grinzi cu zăbrele cu tălpi paralele cu diagonale încrucişate. Relaţii pentru calculul solicitărilor 608
Tabelul 7.9. Luminătoare dreptunghiulare. Relaţii pentru calculul solicitărilor 609
Tabelul 7.10. Luminătoare în formă de M. Relaţii pentru calculul solicitărilor..... 610
Tabelul 7.11. Grosimea recomandată a guseelor 614

Capitolul 8

Tabelul 8.1. Rezistenţe de calcul ale betonului la compresiune 652
Tabelul 8.2. Rezistenţe admisibile ale betonului la compresiune 653
Tabelul 8.3. Presiunea admisibilă pe cuzinet 653
Tabelul 8.4. Aparate de reazem din oţel. Rezistenţe de calcul 657
Tabelul 8.5. Piese ale aparatelor de reazem din fontă. Rezistenţe de calcul 657
Tabelul 8.6. Aparate de reazem. Rezistenţe admisibile 658
Tabelul 8.7. Valorile coeficienţilor α_r şi α_t pentru calculul plăcilor de bază de formă circulară 668
Tabelul 8.8. Valorile coeficienţilor α ; k_1 ; k_2, pentru calculul bazei stîlpilor halelor industriale 674
Tabelul 8.9. Şuruburi de ancoraj. Ancorare directă. Elemente constructive şi de calcul 676
Tabelul 8.10. Şuruburi de ancoraj. Ancorare mecanică. Elemente constructive şi de calcul 677
Tabelul 8.11. Coeficienţii α_1, α_2 şi β pentru calculul plăcii de bază..... 680

Capitolul 9

Tabelul 9.1. Oţel cornier cu aripi egale. Date constructive pentru realizarea prinderilor 737
Tabelul 9.2. Oţel cornier cu aripi neegale. Date constructive pentru realizarea prinderilor 739

Tabelul 9.3. Oţel I. Date constructive pentru realizarea prinderilor 741
Tabelul 9.4. Oţel U. Date constructive pentru realizarea prinderilor..... 742
Tabelul 9.5. Diametre de nituri standardizate 743
Tabelul 9.6. Diametre maxime de nituri pentru nituirea tablelor şi profilelor 743
Tabelul 9.7. Distanţa între nituri 744
Tabelul 9.8. Îmbinări cu nituri. Rezistenţe de calcul 746
Tabelul 9.9. Îmbinări cu nituri. Rezistenţe admisibile 746
Tabelul 9.10. Nituri. Eforturi capabile (Construcţii civile, industriale şi agricole) .. 748
Tabelul 9.11. Nituri. Eforturi capabile (Poduri şi construcţii metalice hidrotehnice) 749
Tabelul 9.12. Îmbinări cu şuruburi. Rezistenţe de calcul 760
Tabelul 9.13. Îmbinări cu şuruburi. Rezistenţe admisibile 760
Tabelul 9.14. Şuruburi. Găuri de trecere şi aria secţiunii 761
Tabelul 9.15. Îmbinări cu şuruburi de înaltă rezistenţă, pretensionate. Rezistenţe de calcul la presiune pe gaură 763
Tabelul 9.16. Îmbinări cu şuruburi de înaltă rezistenţă pretensionate. Coeficienţi de siguranţă 764
Tabelul 9.17. Îmbinări sudate. Grosimea minimă a cusăturilor de colţ 766
Tabelul 9.18. Îmbinări sudate. Rezistenţe de calcul..... 767
Tabelul 9.19. Îmbinări sudate. Rezistenţe admisibile în cusături 768
Tabelul 9.20. Îmbinări sudate. Relaţii de calcul. Recomandări 770

Partea a doua

Capitolul 10

Tabelul 10.1. Raza de curbură la profile laminate la rece 867
Tabelul 10.2. Înălţimea minimă de rebord 869

Capitolul 11

Tabelul 11.1. Valorile $\varkappa$ 876
Tabelul 11.2. Coeficienţii $K_1 - K_6$ 879
Tabelul 11.3. Formule pentru calculul caracteristicilor geometrice şi sectoriale 882
Tabelul 11.4. Profile din tablă subţire. Rezistenţe admisibile 886

Capitolul 13

Tabelul 13.1. Limita inferioară a raportului l_y/h^2 pentru profile U solicitate la compresiune centrică 902
Tabelul 13.2. Suplеţea limită S_{lim} pentru secţiuni închise 903
Tabelul 13.3. Coeficienţii de flambaj φ 904
Tabelul 13.4. Coeficienţii ψ 907
Tabelul 13.5. Coeficienţii β pentru plăcuţe de capăt 909

Capitolul 14.

Tabelul 14.1. Suplеţea limită S_{lim} pentru talpa comprimată a grinzilor..... 921
Tabelul 14.2. Reducerea lăţimii tălpilor la grinzi scurte 922
Tabelul 14.3. Coeficienţi de siguranţă la elemente din profile formate la rece 924
Tabelul 14.4. Reacţiuni şi forţe concentrate admisibile 925

Capitolul 15

Tabelul 15.1. Momente de calcul 935
Tabelul 15.2. Efortul unitar normal σ_{Ez}..... 935

Capitolul 16.

Tabelul 16.1. Diametre recomandate pentru nituirea profilelor formate la rece 940
Tabelul 16.2. Îmbinări cu nituri sau şuruburi. Rezistenţe admisibile 940
Tabelul 16.3. Distanţa între punctele de sudură 942
Tabelul 16.4. Rezistenţe admisibile ale sudurilor 943
Tabelul 16.5. Cusături de sudură în linie Grosimea maximă 945

Partea întîi

ELEMENTE DE CONSTRUCŢII DIN OŢEL REALIZATE DIN PRODUSE LAMINATE LA CALD

1. MATERIALE PENTRU EXECUTAREA CONSTRUCȚIILOR METALICE

1.1. Oțeluri utilizate în R. S. România pentru confecționarea construcțiilor metalice

Datorită multiplelor avantaje pe care le prezintă, oțelul este materialul de bază din care se confecționează elementele de construcții metalice. Oțelurile folosite pentru executarea construcțiilor metalice, după specificul condițiilor de utilizare și a caracteristicilor mecanice garantate pe produsul finit, se împart în :

— oțeluri de uz general ;
— oțeluri cu rezistență mărită la coroziunea atmosferică ;
— oțeluri cu granulație fină pentru construcții sudate ;
— oțeluri cu rezistență la rupere fragilă la temperaturi joase (criogenice) ;
— oțeluri cu limită de curgere foarte ridicată ;
— oțeluri aliate pentru elemente speciale.

1.1.1. Oțeluri de uz general

Oțelurile de uz general pentru construcții (STAS 500/2-76) sînt oțeluri carbon, la care caracteristicile mecanice de rezistență se datoresc carbonului, sau oțeluri slab aliate, la care caracteristicile mecanice se datoresc și altor elemente decît carbonului.

Oțelurile de uz general folosite pentru confecționarea construcțiilor metalice au un procent redus de carbon, care nu depășește 0,25%, așa cum se vede din tabelul 1.1.

Pentru calități de oțel aduse din import, corespondența cu mărcile produse în R.S. România se face cu STAS R 4400-68.

Marca oțelului este definită în general după valoarea minimă a rezistenței de rupere, evidențiată printr-un sistem de notații care indică :

1) *Domeniul de utilizare a oțelului*, precizat de un simbol literar, ca de exemplu :

OL — oțel de uz general pentru construcții (STAS 500/2-76) livrat sub formă de produse deformate plastic la cald în semifabricate (blumuri, brame, țagle etc.), laminate finite și bare forjate, folosite în mod curent la executarea construcțiilor metalice ;

OLT — oțel carbon laminat pentru țevi (STAS 8183-68) ;

OT — oțel carbon turnat în piese (STAS 600-74), din care se execută piese pentru articulații și aparate de reazem ;

OLC — oțel carbon de calitate (STAS 880-66) folosit pentru confecționarea pieselor forjate la aparatele de reazem și a șuruburilor etc.

2) *Rezistența minimă de rupere*, în daN/mm², în cazul oțelurilor de uz general pentru construcții (OL), oțelurilor turnate (OT) și a oțelurilor pentru țevi (OLT). La oțelul carbon de calitate (OLC) nu se indică rezistența minimă de rupere, ci conținutul mediu de carbon, în sutimi de procente.

3) *Clasa de calitate*, notată cu cifre de la 1 la 4, indică compoziția chimică și caracteristicile mecanice de rezistență și tehnologice, garantate la livrarea oțelului. Astfel :

— clasa de calitate 1 garantează compoziția chimică și caracteristicile mecanice de rezistență (limita de curgere, rezistența de rupere la tracțiune, alungirea relativă la rupere) și tehnologice (îndoirea la rece). STAS 500-76 precizează că livrarea produselor se poate face, cu acordul beneficiarului, fără garantarea compoziției chimice sau a caracteristicilor mecanice și tehnologice ;

— clasa de calitate 2 garantează condițiile prevăzute la clasa de calitate 1 și, în plus, reziliența (KCU 30/2) la temperatura de +20 °C ;

— clasa de calitate 3 garantează condițiile clasei 1 de calitate și energia de rupere (KV) la temperatura de 0°C ;

— clasa de calitate 4 garantează condițiile clasei 1 și energia de rupere (KV) la temperatura de —20 °C. Dacă beneficiarul solicită, pe baza de comandă, în locul energiei de rupere (KV) la —20 °C, producătorul va garanta energia de rupere (KV) la temperatura de —30 °C sau —40 °C. În acest caz, simbolul clasei de calitate se completează astfel :

4I — pentru garantarea energiei de rupere la —30 °C ;

4II — pentru garantarea energiei de rupere la —40 °C.

Clasa de calitate 4 se referă numai la table și platbande.

4) *Gradul de dezoxidare a oțelului* se indică cu literele :

n — oțel necalmat ;

s — oțel semicalmat ;

k — oțel calmat ;

kf — oțel calmat suplimentar (calmat forte).

În cazul că nu se face nici o precizare asupra gradului de dezoxidare, se înțelege oțel necalmat.

Exemple de notare :

OL 37. 2k — oțel de uz general pentru construcții, cu rezistența minimă de rupere de 37 daN/mm², la care se garantează compoziția chimică, caracteristicile mecanice de rezistență și tehnologice și reziliența (KCU 30/2) la temperatura de +20°C, calmat.

OL 34.1n ≡ OL 34.1 — oțel de uz general pentru construcții, cu rezistența minimă de rupere de 34 daN/mm², clasa 1 de calitate, necalmat.

OL 44.4 kf — oțel de uz general pentru construcții, cu rezistența minimă de rupere de 44 daN/mm², clasa 4 de calitate, calmat suplimentar.

Oțelurile de uz general frecvent utilizate în R.S. România pentru executarea construcțiilor metalice sînt următoarele :

OL 34 — este un oțel cu caracteristici plastice remarcabile, fapt pentru care este recomandat pentru fabricarea niturilor și a tablelor folosite în unele scopuri industriale ;

OL 37 — este oțelul cu răspîndirea cea mai largă în tehnica construcțiilor, satisface în cea mai mare măsură condițiile cerute în mod obișnuit oțelurilor de construcții, fapt pentru care mai este denumit și oțel normal de construcții ;

OL 44 — este un oțel slab aliat, la care caracteristicile mecanice se datoresc pe lîngă carbon, elementelor de aliere ; mangan, siliciu și aluminiu. Notarea și menținerea acestui oțel între oțelurile carbon de construcții s-a făcut pentru simplificarea notației și sortimentului. Oțelul slab aliat OL 44 este indicat pentru confecționarea elementelor de construcții metalice mai puternic solicitate și pentru confecționarea niturilor folosite la îmbinările elementelor realizate din oțel slab aliat OL 52 ;

OL 52 — dintre oțelurile de uz general pentru construcții este oțelul cu calitățile mecanice de rezistență cele mai ridicate, fiind recomandat pentru elemente de construcții foarte puternic solicitate. Oțelurile cu rezistențe mecanice mai mari, OL 52 ca și OL 44, sînt oțeluri slab aliate pe bază de mangan, siliciu, aluminiu și în procente mai reduse vanadiu, titan sau niobiu și prezintă bune proprietăți plastice. Cu toate că aceste oțeluri se sudează ușor prin toate procedeele, totuși se recomandă ca la grosimi de peste 25 mm, piesele să se preîncălzească la 200 ... 250 °C. Aceste oțeluri fiind folosite în special la construcții metalice sudate se caracterizează printr-o compoziție chimică riguros dozată și controlată pentru a se evita formarea structurilor fragile în diferite situații de prelucrare sau de exploatare. Pentru elemente solicitate dinamic, trebuie ca materialul să fie normalizat ;

OL 50 ; OL 60 ; OL 70 — sînt oțeluri de uz general la care caracteristicile mecanice ridicate și rezistența la uzură sporită se datoresc procentului mare de carbon. Din cauza durității sporite și a procentului de carbon ridicat aceste mărci de oțel se prelucrează și se sudează greu. Ele sînt folosite în mod frcvent pentru confecționarea elementelor supuse la uzură puternică, cum ar fi șinele de rulare a stavilelor plane sau șinele podurilor rulante, a căilor de rulare ;

OLT 35 ; OLT 45 — sînt oțeluri carbon din care se laminează țevile pentru construcțiile metalice.

Pentru oțelurile de uz general, în tabelul 1.1 se prezintă compoziția chimică și caracteristicile mecanice, tehnologice și de tenacitate.

Marca oțelului	Clasa de calitate	Gradul de dezoxidare	Compoziția chimică pe produs, în %						Caracteristici mecanice (daN/mm²), tehnologice și de tenacitate (daJ/cm², respectiv daJ)									
			Carbon C max.	Mangan Mn max.	Siliciu Si max.	Fosfor P max.	Sulf S max.	Alte elemente	Rezistența de rupere la tracțiune R (σ_r)	Limita de curgere R_e (σ_c) minimă în funcție de grosimea produsului a				Alungirea relativă la rupere A_5(δ_5),% min.	Îndoirea la rece	Reziliența minimă KCU30/2		Energia de rupere minimă KV	
									Pentru produse cu diametrul sau grosimea a, în mm	A. Profile pline sau forjate								
										$a \leqslant 16$	$16 < a \leqslant 40$	$40 < a \leqslant 100$	$8 \leqslant a < 40$		$a \leqslant 16$ α—unghiul de îndoire=180° d—diametrul dornului a—grosimea epruvetei	la +20°C		la 0°	la −20° −30° sau −40° [1]
										B. Profile fasonate						$a \leqslant 16$	$a > 16$		
										$a \leqslant 16$	$a > 16$	—	$6 \leqslant a \leqslant 16$						
										C. Table, platbande, oțel lat, benzi									
										$a \leqslant 16$	$16 < a \leqslant 25$	$26 < a \leqslant 40$	$8 \leqslant a \leqslant 25$						
OL 32	1	n	0,17	0,60	0,07	0,055	0,055	—	32—40	18	17	16	33		$d=0$	—	—	—	—
	1	k*			0,40								31						
OL 34		n	0,19	0,60	0,07	0,055	0,055	—	34—42	20	19	18	31		$d=0,5\ a$	—	—	—	—
		k*	0,17		0,40														
OL 37	1	n	0,25	0,85	0,07	0,065	0,055	—	37—45	24	23	21	25		$d=1,5\ a$	—	—	—	—
	1	k*	0,22		0,40			—								7	6	—	—
	2	n	0,22		0,07	0,055	0,055	—					26		$d=a$	—	—	2,8	—
	2	k*	0,20		0,40			—										—	2,8
	3	k	0,19		0,40	0,050	0,050	Al> 0,025		26	[25]	23	22		$d=2a$	—	—	—	—
	4	kf	0,19		0,40	0,045	0,045	Al> 0,025							$d=1,5\ a$	7	6	—	—
OL 42	1	n	0,31	0,85	0,07	0,065	0,055	—	42—50				25		$d=a$	—	—	2,8	—
	1	k*	0,28		0,40			—								6	6	—	—
	2	n	0,31		0,07	0,055		—		29	28	26	—		$d=2\ a$	—	—	2,8	—
	2	k*	0,25		0,40			—					—			—	—	—	2,8
	3	k*			0,50	0,050	0,050	—					—		$d=3\ a$	7	6	—	—
OL 44	2	k	0,22	1,15	0,50	0,055	0,055	—	44—55				20			—	—	2,8	—
	3	k**				0,050	0,050	Al> 0,025		36	35	34	—		$d=2,5$	—	—	—	2,8
	4	kf				0,045	0,045	Al> 0,025					22			—	—	—	2,8
OL 52	2	k	0,22	1,65	0,50	0,055	0,055	—	52—62	29	28	27	19		$d=3,5\ a$	—	—	—	—
	3	k**				0,050	0,050	Al> 0,025		32	31	30	13		—	—	—	—	—
	4A	k	0,20			0,045	0,045	Al> 0,025		36	35	34	10		—	—	—	—	—
	4B	kf				0,040	0,040	Al> 0,025 V ⩽ 0,15		—			20		$d=3\ a$	—	—	—	—
Ol 50	1	k	0,30	0,85	0,40	0,055	0,055	—	50—62	32—34			22—25		—	—	—	—	—
OL 60	1	k	0,40	0,85	0,40	0,055	0,055	—	60—72	36—38			17—18		—	—	—	—	—
OL 70	1	k	0,50	0,85	0,40	0,055	0,055	—	70	23			25		—	—	—	—	—
OL 00			0,26	—	—	—	—	—	⩾32	26			21		—	—	—	—	—
OLC 35			0,39	—	—	—	—	—	52—55	25			19		$d=4\ a$	—	—	—	—
OLC 45			0,49	—	—	—	—	—	62—65	75			10		—	—	—	—	—
OLT 35			0,15	0,60	0,35	0,050	0,050	—	35										
OLT 45			0,25	0,70	0,35	0,050	0,050	—	45										
OT 50			0,40	0,90	0,42	—	—	—	50										
41 MoC11			0,45	0,80	0,37	0,035	0,035	0,15 < Mo ⩽ 0,25 0,90 < Cr ⩽ 1,30	95										

* Cu acordul producătorului se pot livra și semicalmate (s) conținutul de Si fiind de maximum 0,17%.

** Oțeluri care pot fi livrate la clasa respectivă de calitate în stare calmată (k) sau calmat suplimentar cu aluminiu, vanadiu, titan etc.

[1] Pentru garantarea energiei de rupere kV la −30°C în comandă se completează simbolul clasei de calitate cu I, iar pentru −40°C, cu II.

Tabelul 1.2

Oțeluri rezistente la coroziune atmosferică și oțeluri cu granulație fină, utilizate în R. S. România la uzinarea construcțiilor metalice

Marca oțelului	Clasa de calitate	Gradul de dezoxidare	Compoziția chimică pe produs, în %						Caracteristici mecanice (daN/mm²), tehnologice și de tenacitate (daJ/cm², respectiv daJ)											
			Carbon C max.	Mangan Mn max.	Siliciu Si max.	Fosfor P max.	Sulf S max.	Alte elemente	Rezistență de rupere la tracțiune R (σ_r)	Limita de curgere R_c (σ_c) minimă în funcție de grosimea produsului		Alungirea relativă la rupere, A%, pentru $L_0=5{,}65\sqrt{S_0}$ min.		Îndoire la rece la 180° pe dorn cu diametrul d		Reziliență minimă KCU 30/2 la +20°C pentru		Energia de rupere minimă KV la temperatura de					
										Pentru table cu grosimea a, mm						Starea		+20°C	0°C	−20°C	−30°C	−40°C	−50°C
										$a\leqslant 100$	$16\leqslant a\leqslant 40$	$40<a\leqslant 100$	$8<a\leqslant 25$	$a\leqslant 16$	$a>16$	de livrare	îmbătrînită						
ORCA 37	1	*	0,12	0,45	0,12 ... 0,35	⩾0,055	0,040	Cu=0,3...0,6 Cr=0,5...0,8 Al⩾0,020 $N_2\leqslant 0{,}015$	37—45	24	23	21	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	*																2,8	—	—	—	—	—
	3	k											26					—	2,8	—	—	—	—
B ORCA 52 A	2	k	0,20	1,20	0,60	0,045	0,045	Cu=0,3...0,6 Cr=0,5...0,8 Al⩾0,020 $N_2\leqslant 0{,}015$	52—64	36	35	34	21	—	—	—	—	—	—	2,8	—	—	—	—
	3	k**											22					—	2,8	—	—	—	—
	4	kf	0,16	0,90		⩾0,055												—	—	2,8	—	—	—
OCS 44	5a [1]	k	0,22	0,75...1,15	0,50	0,045	0,045	V⩾0,050 Ni⩽0,30 Al⩾0,015 Nb⩾0,020	44—55	29	26	22	23	$d=2\,a$	$d=2{,}5\,a$	6	3,5	—	—	—	2,8	—	—	—
	5b [1]	k																—	—	—	2,8	—	—
	6a																	—	—	—	—	2,8	—
OCS 52 [2]	5a [1]	k	0,20	1,05...1,65	0,50	0,035	0,035	V⩾0,050 Ni⩽0,070 Al⩾0,015 Nb⩾0,020 $N_2\sim 0{,}0020$	52—62	36	34	32	20	$d=2{,}5\,a$	$d=3\,a$	6	3,5	—	—	—	2,8	—	—	—
	5b [1]	k																—	—	—	2,8	—	—
	6a	k																—	—	—	—	2,8	—
	7a	k																—	—	—	—	—	2,8
OCS 55	3a	k	0,22	1,05...1,70	0,40	0,030	0,040	V⩾0,050 Ni⩽0,70 Al⩾0,020 Nb⩾0,020 Ti⩾0,005	55—69	43	42	37	19	$d=3\,a$	$d=3{,}5\,a$	7	4	—	2,8	—	—	—	—	—
	3b	k																—	2,8	—	—	—	—
	4a	k																—	—	2,8	—	—	—
	4b	k																—	—	2,8	—	—	—
	5a [1]	k																—	—	—	2,8	—	—
	5b [1]	k																—	—	—	2,8	—	—
OCS 58	3a	k	0,21	1,05...1,70	0,50	0,040	0,040	V⩽0,18 Ni⩽0,80	58—74	47	46	41	19	$d=3{,}5\,a$	$d=4\,a$	7	4	—	2,8	—	—	—	—	—
	3b	k																—	2,8	—	—	—	—
	4a	k																—	—	2,8	—	—	—
	4b	k																—	—	2,8	—	—	—
	5a [1]	k																—	—	—	2,8	—	—
	5b [1]	k																—	—	—	2,8	—	—

* Oțeluri care se livrează în mod obișnuit necalmate (n). Cu acordul producătorului pot fi livrate și semicalmate (s) cînd conținutul de siliciu nu va depăși 0,17% sau calmate (k).

** Oțelurile pot fi livrate, la clasa respectivă de calitate, în stare calmată (k) sau calmate suplimentar pe bază de aluminiu, vanadiu, titan etc.

[1] Clasele de calitate 5a și 5b se vor evita pe cît posibil.

[2] La cererea beneficiarului, pentru această marcă se poate garanta rezilienta KCU 30/2 la −60°C cu valoarea minimă de 3,5 daJ/cm².

1.1.2. Oțeluri rezistente la coroziune atmosferică

Folosirea oțelurilor de uz general la confecționarea elementelor de construcții metalice care urmează să fie exploatate în atmosferă corosivă prezintă dezavantajul că în timp se acoperă cu un strat de oxid feros, se oxidează și necesită ample lucrări de întreținere. Formarea stratului de oxid depinde de rezistența la coroziune a oțelului, de gradul de agresivitate a agenților naturali, de natura și grosimea stratului de protecție de la suprafața materialului. Pentru a limita efectul defavorabil al comportării la coroziune a materialelor feroase, s-au elaborat oțeluri rezistente la coroziunea atmosferică.

Rezistența la coroziune a oțelurilor de construcții se obține pe seama compoziției lor chimice și a elementelor de aliere. Dintre elementele de aliere un rol important îl prezintă cuprul, nichelul, cromul, fosforul și altele, care intră în soluție prin reacție anodică mai lentă decît fierul.

Pe acest principiu s-au elaborat oțelurile pentru construcții rezistente la coroziunea atmosferică numite și oțeluri patinabile.

Compoziția chimică și caracteristicile mecanice de rezistență și tehnologice a oțelurilor rezistente la coroziune atmosferică se dau, după STAS 500/3-76, în tabelul 1.2.

Marca oțelului, clasele de calitate, gradul de dezoxidare etc. în cazul oțelurilor rezistente la coroziune atmosferică, au aceleași semnificații ca și în cazul oțelurilor de uz general, cu precizarea că simbolul lor este ORCA.

În tabelul 1.2, linia a 2-a, literele A și B din coloana mărcii oțelului au semnificație numai asupra compoziției chimice : marca de oțel ORCA 52 B conține carbon și mangan în procente mai ridicate în timp ce marca ORCA 52 A conține carbon și mangan în procente mai mici și fosforul în procent mai mare.

Exemple de notare :

ORCA 37.2 — oțel rezistent la coroziune atmosferică, cu rezistența minimă de rupere de 37 daN/mm², clasa 2 de calitate, necalmat.

ORCA 52.4 kf — oțel rezistent la coroziune atmosferică, cu rezistența minimă de rupere de 52 daN/mm², clasa 4 de calitate, calmat suplimentar cu aluminiu, vanadiu și titan.

În toate condițiile de mediu oțelurile rezistente la coroziune atmosferică înregistrează pierderi în greutate de 2—4 ori mai mici decît oțelurile de uz general. Pentru a îmbunătăți și mai mult comportarea oțelurilor patinabile în condițiile de climă cu agresivitate ridicată, atmosferă industrială sau atmosferă marină, se recomandă protejarea suprafețelor de construcții metalice prin vopsire.

1.1.3. Oțeluri cu granulație fină pentru construcții sudate

Oțelurile cu granulație fină pentru construcții sudate (STAS 9021-75) sînt oțeluri slab aliate pe bază de vanadiu, nichel, aluminiu, niobiu etc. (v. tabelul 1.2) care, după normalizare, prezintă caracteristici mecanice de rezistență ridicate, avînd rezistența de rupere cuprinsă între 44 și 74 daN/mm², iar limita de curgere între 29 și 47 daN/mm². Procentul de carbon pe produs nu depășește 0,22%. Aceste oțeluri, prin compoziția lor chimică și tehnologia de fabricație, conțin precipitate de nitruri și carburi fin distribuite care împiedică creșterea granulației în domeniul austenitic și determină formarea unei granulații fine. Datorită caracteristicilor mecanice ridicate, a proprietăților plastice bune, a rezistențelor remarcabile față de ruperea fragilă și tenacității sporite la temperaturi scăzute, oțelurile cu granulație fină fac parte din categoria oțelurilor sudabile și se recomandă pentru executarea construcțiilor metalice puternic solicitate și în condiții grele de exploatare.

Oțelurile cu granulație fină pentru construcții sudate se livrează în stare normalizată numai sub formă de tablă groasă laminată la cald cu grosimea cuprinsă între 4 și 100 mm (inclusiv).

Marca oțelului cu granulație fină este definită prin valoarea minimă a rezistenței de rupere, evidențiată printr-un sistem de notații care indică :

1) *Domeniul de utilizare a oțelurilor cu granulație fină*, precizat printr-un simbol literar, astfel :

OCS — oțel slab aliat pentru construcții sudate (STAS 9021-75), livrat sub formă de table groase laminate la cald, normalizate și indicat pentru construcții civile, industriale, hidrotehnice, poduri și construcții cu destinații speciale.

2) *Rezistența minimă de rupere*, în daN/mm², reprezentată prin grupul de două cifre ce urmează simbolului literar.

3) *Clasa de calitate*, în cazul oțelurilor cu granulație fină, notată cu 3a, 3b, ... 7a, indică compoziția chimică, caracteristicile mecanice și tehnologice (v. tabelul 1.2) garantate de către producător la livrare, după cum urmează :

3a — garantează compoziția chimică pe oțel lichid, caracteristicile mecanice la tracțiune, unghiul de îndoire la rece pe dorn, reziliența (KCU 30/2) la temperatura de +20°C, energia de rupere (KV) pe direcție longitudinală la temperatura de 0°C și unghiul minim de îndoire a epruvetei încărcată longitudinal cu sudură ;

4a — garantează condițiile clasei de calitate 3a și energia de rupere (KV) la temperatura de —20°C ;

5a — garantează toate condițiile clasei 3a și energia de rupere (KV) la temperatura de —30°C. După recomandările STAS 9021-75, clasele de calitate 5a și 5b se vor evita pe cît posibil ;

6a — garantează condițiile prevăzute la clasa de calitate 3a și energia de rupere (KV) la temperatura de — 40°C ;

7a — garantează condițiile clasei de calitate 3a și energia de rupere (KV) la temperatura de — 50°C. La cererea beneficiarului producătorul poate garanta și reziliența (KCU 30/2) pe direcția transversală la temperatura de — 60°C.

Clasele de calitate 3b, 4b, și 5b garantează în plus, față de condițiile de la clasele 3a, 4a, și 5a, limita de curgere la cald.

4) *Gradul de dezoxidare.* Oțelurile cu granulație fină pentru construcții sudate se livrează numai sub formă de oțel calmat (k).

Exemple de notare :

OCS 44.6a.k — oțel slab aliat pentru construcții sudate, cu rezistența minimă de rupere de 44 daN/mm², la care se garantează compoziția chimică pe oțel lichid, caracteristicile mecanice de tracțiune și tehnologice, caracteristicile de sudabilitate, reziliența (KCU 30/2) la temperatura de +20°C și energia de rupere (KV) la — 40°C, calmat.

OCS 55.4b.k — oțel slab aliat pentru construcții sudate, cu rezistența minimă de rupere de 55 daN/mm², la care se garantează compoziția chimică,

caracteristicile mecanice de tracțiune și tehnologice, caracteristicile de sudabilitate, reziliența (KCU 30/2) la temperatura de + 20°C, energia de rupere (KV) la temperatura de — 20°C și limita de curgere la cald, calmat.

În tabelul 1.2, pentru oțelurile cu granulație fină pentru construcții sudate, se prezintă compoziția chimică și caracteristicile mecanice, tehnologice și de tenacitate.

În tabelul 1.3 se prezintă valorile limitei de curgere, corespunzătoare diferitelor trepte de temperatură, pentru table cu grosimea de pînă la 60 mm.

Tabelul 1.3

Limita de curgere a oțelurilor sudabile pentru diferite trepte de temperatură

Marca oțelului	Limita de curgere convențională $R_{p\,0,2}$ ($\sigma_{0,2}$) minimă, în daN/mm², corespunzătoare temperaturii de:						
	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C
OCS 44	25	23	21	19	16	14	12
OCS 52	30	28	26	24	22	20	17
OCS 55	36	34	32	29	27	24	21
OCS 58	40	37	35	32	30	27	24

1.1.4. Oțeluri criogenice

Oțelurile criogenice sînt oțeluri slab aliate care prezintă o bună comportare la solicitări mari în regim static și dinamic și o tenacitate deosebită la temperaturi joase și foarte joase. În această categorie intră oțelurile cu granulație fină, cu 9% nichel, avînd clasele de calitate 5, 6 și 7 (STAS 9021/75), oțelurile inoxidabile, austenitice, pe bază de crom și nichel. Oțelurile criogenice se folosesc, în general, pentru confecționarea construcțiilor de înmagazinare și transport a produselor gazoase, din industria chimică și petrochimică, cum ar fi recipientele, rezervoarele și gazometrele. Unele produse gazoase se pot lichefia la temperaturi ce coboară cu puțin sub 0°C și presiuni foarte ridicate, în timp ce altele se lichefiază și se pot păstra la presiunea atmosferică însă la temperaturi foarte scăzute, care ajung în cazul hidrogenului, la —252,78°C. Din această cauză, construcțiile de înmagazinare și transport a gazelor lichefiate trebuie să fie realizate din oțeluri cu tenacitate ridicată la temperaturi scăzute.

1.1.5. Oțeluri cu limita de curgere foarte ridicată

Oțelurile cu limita de curgere foarte ridicată sînt oțeluri slab aliate la care limita de curgere este mai mare de 51 daN/mm² și se utilizează în stare îmbunătățită, avînd de regulă o structură bainitică sau sorbitică. Oțelurile slab aliate îmbunătățite, datorită structurii cristaline fine și uniforme, prezintă caracteristici mecanice de rezistență și proprietăți de tenacitate cu mult mai ridicate decît oțelurile slab aliate normalizate.

1.1.6. Oțeluri aliate

În practica proiectării și executării construcțiilor metalice, pe lîngă oțelurile de uz general pentru construcții și oțelurile slab aliate se folosesc și oțelurile aliate pe bază de crom, crom-molibden sau crom și nichel în stare îmbunătățită, în special la confecționarea șuruburilor de înaltă rezistență.

La oțelurile aliate, caracteristicile mecanice de rezistență și de deformabilitate se datoresc elementelor de aliere, care intră în compoziție într-un procent de peste 3,5%.

Calitatea oțelului aliat este evidențiată printr-un simbol literar care reprezintă elementul principal de aliere, urmat de un număr care indică, în sutimi de procente, conținutul mediu de carbon și avînd în față un alt număr care indică, în zecimi de procente, conținutul mediu al elementului principal de aliere, ca de exemplu:

41 MoC 11 — este un oțel aliat pe bază crom-molibden, avînd conținutul mediu de carbon de 0,11% și conținutul mediu de molibden (elementul principal de aliere) de 4,1%.

Mărcile de oțel aliat: 41 MoC 11; 33 MoC 11; 34 MoCN 15; 41 VMoC17; 36 MoC 10; 13 CN 35, se folosesc în mod curent pentru confecționarea șuruburilor, a rondelelor și a piuliților de înaltă rezistență.

1.2. Recomandări privind alegerea calității materialelor

Alegerea materialelor metalice, de bază și de îmbinare, pentru realizarea elementelor unei construcții din oțel este o problemă importantă, cu un grad mare de complexitate și care trebuie să fie făcută cu maximă atenție și competență. Prin alegerea judicioasă a materialelor metalice trebuie să se asigure construcției o eficiență cît mai mare din punct de vedere al execuției (uzinare, montaj), al exploatării (siguranță în exploatare, întreținere), al consumului de oțel și al costului.

Alegerea materialelor metalice pentru o construcție se face la proiectare, în funcție de natura, importanța și mărimea solicitărilor, de nivelul temperaturii și condițiile de exploatare, condițiile de execuție (uzinare, metode de îmbinare, montaj etc.), costul oțelului etc. și constă în stabilirea mărcii, a clasei de calitate și a gradului de dezoxidare a oțelului pentru structura de rezistență și alegerea oțelului pentru elementele de îmbinare (șuruburi, nituri etc.) sau a materialelor de adaos (electrozi, sîrmă de sudare, fondant etc.) în cazul elementelor sudate.

Pentru a realiza elemente portante cu un consum cît mai redus de oțel, există tendința utilizării pe o scară tot mai mare a oțelurilor cu caracteristici mecanice superioare și cu un grad sporit de dezoxidare. La luarea deciziei în această privință trebuie să se aibă în vedere faptul că oțelurile superioare sau cu un grad mai ridicat de dezoxidare au un cost mai mare decît produsele similare din oțel OL37.1n. Admițînd ca bază costul oțelului OL37.1n, în tabelul 1.4 se prezintă creșterea procentuală a costului pe tona de oțel, odată cu creșterea mărcii și a gradului de dezoxidare.

În concluzie, oțelurile cu mărci superioare sau cu grad superior de dezoxidare, se vor folosi în construcțiile din oțel numai în baza unei justificări din punct de vedere tehnic și economic.

Tabelul 1.4

Influența gradului de dezoxidare asupra costului

Marca oțelului	Gradul de dezoxidare		
	Necalmat	Semicalmat	Calmat
OL 37	100%	107%	111%
OL 52	—	—	135%
OL 60	—	—	138%

Tabelul 1.5

Indicații generale privind alegerea calității oțelurilor

Construcția se execută din	Elemente de construcții	Condiții de exploatare: Regimul de lucru	Încărcări [2]: Statice	Dinamice direct aplicate	Vibratorii	Temperatura [3]	Metoda de îmbinare [4]	Recomandări privind [1]: Marca oțelului	Clasa de calitate [5]: 1	2	(3a) 3	(4a) 4	4 I (II)	(5a)	(6a)	(7a)	Gradul de dezoxidare [6]: Necalmat	Semicalmat	Calmat	Sudabilitate obligatorie	Procedeul de elaborare a oțelului [7]
Produse laminate	Puțin importante Necalculate $\sigma_{ef} < 0{,}6\sigma_a$ Auxiliare						N, S	OL 00													
			f.m	—	—	—	N	OL 37	●								●				M, O, B
			f.m	—	—	—	S	OL 37	●								●				M, O, B
			m	—	—	—	N	OL 37	●								●				M, O, B
			m	—	—	—	S	OL 37	●	●							●	●	●		M, O, B
	Principale	Ușor mediu	m.n	—	—	T.N	N	OL 37	●								●				M, O
			m.n	—	—	T.N	S	OL 37		●	●							●			M, O
			—	m.n	m.n	T.N	N	OL 37	●												M, O
			—	m.n	m.n	T.N	S	OL 37	●	●	●							●	●	●	M, O
		Greu și foarte greu		n	n	T.N	S	ORCA 37	●	●	●							●	●	●	M, O
			M	—	—	T.N	S	OL 37	●	●	●	●						●	●	●	M, O
			—	M	M	T.N	N	OL 37	●	●											M, O
			—	M	M	T.N	S	OL 37		●	●	●						●	●	●	M, O
			—	M	M	T.S	N	OL 37		●											M, O
			—	M	M	T.S	S	OL 37		●	●	●						●	●	●	M, O
			M	—	—	T.N	N	OL 42	●								●				M, O
			—	M	M	T.N	S	OL 44		●	●								●	●	M, O
			—	M	M	T.S	S	OL 44		●	●	●							●	●	M, O
Produse laminate	Importante cu deschidere mare		F.M	F.M	F.M	T.N	N	OL 37		●	●								●		M, O
			—	M	M	T.S	S	OCS 44							●					●	M, O
			F.M	F.M	F.M	T.N	N	OL 44		●	●										M, O
			F.M	F.M	F.M	T.N	S	OL 44		●	●	●							●	●	M, O
			F.M	F. M	F.M	T.N	N	OL 52		●	●								●		M, O
			F.M	F.M	F.M	T.N	S	OL 52			●	●							●	●	M, O
			M	M	M	T.S	S	OL 37			●	●							●	●	M,O
			M	M	M	T.S	S	OL 44			●	●							●	●	M, O
			F.M	F.M	F.M	T.S	S	OCS 52							●				●	●	M, O
			M	M	M	T.S	S	OL 37			●	●							●	●	M, O
			M	M	M	T.S	S	OL 44			●	●							●	●	M, O
			M	M	M	T.S	S	OL 52			●	●							●	●	M, O
			F.M	F.M	F.M	T.S	S	OCS 58						●					●	●	M, O
Țevi	Auxiliare	Ușor mediu	M	M	M	T.F.S	S	OCS 52								●			●	●	M, O
	Principale	Ușor mediu	M	M	M	T.F.S	N	OL 52			●	●							●		M, O
		Ușor mediu	M	M	M	T.F.S	S	OL 52					●						●	●	M, O
Elemente turnate								OT 50-2													
Elemente forjate								OLT 35													

[1] V. și STAS 500-76; STAS 10108/0/78; STAS 1911-75.
[2] f.m — foarte mici; m — mici; n — normale; M — mari; F.M — foarte mari.
[3] T.N — temperatură normală; T.S — scăzută; T.F.S — foarte scăzută (sub 30°C).
[4] N — construcții nituite sau îmbinate cu șuruburi; S — construcții sudate.
[5] Clasele de calitate din paranteză se referă la mărcile de oțel OCS.
[6] Precizări la pct. 1.1.1. și 1.2.1.2.
[7] M — Simens-Martin; B — convertizor Bessemer; O — convertizor cu oxigen (L.D)
● Cazul recomandat.

1.2.1. Materiale pentru elemente de construcții din oțel

În tabelul 1.5 se prezintă indicații generale privind stabilirea mărcii, a clasei de calitate, a gradului de dezoxidare și a condițiilor pe care trebuie să le satisfacă oțelul pentru diferite elemente de construcții proiectate în soluție nituită sau sudată.

Stabilirea mărcii și a calității oțelului se recomandă să se facă separat pentru diferitele elemente ale unei construcții din oțel, ținînd seama de rolul și importanța elementului în structură, de concepția constructivă și de natura și nivelul solicitărilor.

1.2.1.1. **Construcții metalice îmbinate cu nituri sau cu șuruburi.** În general, construcțiile metalice nituite sau îmbinate cu șuruburi se execută din oțeluri din clasele de calitate 1 sau 2 necalmat.

Elementele neportante, a căror secțiune nu rezultă dintr-un calcul de rezistență, se pot alcătui din profile laminate din oțel marca OL 00.

Oțelul de convertizor Bessemer va fi utilizat la elemente secundare sau la elemente principale supuse numai la solicitări statice. Oțelul de convertizor Thomas, necalmat, se recomandă să fie folosit la elemente de construcții de mică importanță și care să nu fie exploatate în condiții de temperatură sub — 20°C.

Pentru elementele puternic solicitate ale construcțiilor importante, care lucrează la temperaturi de pînă la — 25°C, se recomandă folosirea oțelurilor din clasa 2 de calitate, semicalmate sau calmate.

Elementele foarte puternic solicitate și care lucrează în condiții grele și foarte grele, la temperaturi sub — 25°C, se vor realiza din oțeluri din clasa de calitate 3, calmate.

1.2.1.2. **Construcții metalice sudate.** Realizarea unor construcții metalice sudate durabile, cu o bună comportare în exploatare, este determinată de conservarea tenacității îmbinărilor și cusăturilor sudate. Tenacitatea îmbinărilor sudate reprezintă un factor strîns legat de noțiunea de *sudabilitate*. Sudabilitatea oțelurilor depinde de foarte mulți factori și ea reprezintă o caracteristică complexă care determină, în condiții de sudare date, aptitudinea tehnică a oțelurilor pentru realizarea anumitor îmbinări.

Principalii factori care influențează sudabilitatea oțelurilor sînt : proprietățile fizico-mecanice ale oțelului (determinate de compoziția chimică și procedeul de elaborare), condițiile tehnologice și procedeul de sudare folosit, concepția constructivă adoptată, tendința de fisurare la cald sau la rece a oțelului, condițiile de lucru ale elementelor sudate, natura și nivelul solicitărilor, temperatura de serviciu etc.

Sudabilitatea oțelurilor poate fi caracterizată, în general, prin două aspecte : comportarea oțelurilor la sudare și siguranța în exploatare a îmbinării sudate.

Comportarea bună la sudare a oțelurilor se caracterizează prin posibilitatea ca în urma aplicării unei anumite tehnologii, în concordanță cu metoda de sudare adoptată, să se obțină o îmbinare sudată de bună calitate, tenace, fără defecte.

Siguranța în exploatare a îmbinării sudate este definită de însușirea îmbinării sudate realizate într-o structură de oțel, al cărei material a suferit influența unei anumite tehnologii de sudare și care este supusă la anumite solicitări, de a nu i se altera în măsură inacceptabilă calitățile tehnice și de a nu prezenta tendința spre ruperea fragilă la temperatura de exploatare.

Datorită complexității factorilor care influențează comportarea și siguranța construcțiilor din oțel sudate, stabilirea mărcii și a calității oțelurilor trebuie făcută cu multă grijă și competență.

Stabilirea clasei de calitate a oțelurilor pentru construcțiile metalice sudate se face cu ajutorul metodei coeficientului de periculozitate, metodă oficializată prin STAS R 8542-70. Această metodă permite stabilirea clasei de calitate a unui oțel, în funcție de natura și severitatea solicitărilor, grosimea produsului și temperatura de exploatare a construcției, în baza datelor din tabelul 1.6 și cu ajutorul diagramei din fig. 1.1.

Tabelul 1.6

Valorile factorilor K, S, B

Denumirea factorului	Simbolul	Tipul construcției sau elementului	Valoarea factorului
1	2	3	4
Factor constructiv	K	— Construcții sudate simple, fără cusături cap la cap, longitudinale continue. — Elemente cu secțiuni casetate avînd cusături de colț fără rigidizări longitudinale și fără cusături cap la cap longitudinale sau transversale. — Îmbinări cap la cap la profile laminate. — Elemente de construcții supuse la detensionare prealabilă. — Elemente de construcții solicitate la forfecare.	1,0
		— Construcții sudate avînd cusături cap la cap continue pe întreaga lungime a elementului și cusăturii în K. — Elemente avînd secțiunea în formă de I sudată. — Bare avînd rigidizări longitudinale și cusături cap la cap longitudinale și transversale. — Elemente cu cusături transversale și longitudinale la toate celelalte elemente și în zonele unde apar variații mari de secțiune.	1,4
		— Construcții sudate supuse la solicitări importante biaxiale, sub influența sarcinilor exterioare. — Elemente de construcții avînd cusături încrucișate, în cazul cînd ambele cusături produc importante solicitări reziduale longitudinale și transversale. — Elemente de construcție complicate, avînd un mare număr de cordoane de sudură situate la distanțe mici unele de altele.	2,0

Tabelul 1.6 (continuare)

1	2	3	4
Factor de importanță	*S*	— Elemente de construcție secundare (de exemplu : inimi de grinzi auxiliare, table de protecție acționînd ca rigidizări orizontale).	0,5
		— Elemente de construcții importante în alcătuirea ansamblurilor de construcție (de exemplu : tălpi la grinzi secundare, inimi de grinzi principale).	0,7
		— Elemente de construcție de importanță deosebită care sînt necesare pentru alcătuirea și funcționarea întregii construcții (de exemplu : tălpi intinse de grinzi principale).	1,0
Factor de solicitare	*B*	— Elemente de construcție supuse la solicitări statice și dinamice (viteze de solicitare sub 5 000 daN/cm² ·s).	1,0
		— Elemente de construcție supuse la solicitări dinamice sau la solicitări prin șoc (viteza de solicitare peste 5 000 daN/cm² ·s).	1,4

În acest scop se calculează coeficientul de periculozitate în cazul solicitărilor de tracțiune sau de compresiune, cu relația

$$G = KSB \qquad (1.1)$$

unde factorii K, S, B se determină din tabelul 1.6 și au semnificația :

- K — factor constructiv care ține seama de influența concepției constructive asupra tendinței spre rupere fragilă a oțelului. Valoarea factorului K crește cu cît starea de eforturi în elementul de construcție este mai periculoasă ;
- S — factor de importanță a elementului în structură ;
- B — factor de solicitare prin care se ține seama de influența vitezei de aplicare a încărcării asupra comportării la rupere fragilă.

Valoarea coeficientului de periculozitate G obținută cu relația (1.1) se rotunjește la cea mai apropiată valoare dintre 0,5 ; 0,7 ; 1,0 ; 1,4 ; 2,0 și 2,8.

În funcție de valoarea lui G, de temperatura de exploatare, de grosimea elementului de construcție, de faptul dacă elementul a fost sau nu deformat la rece se determină din diagrama prezentată în fig 1.1 clasa de calitate a oțelului. Dacă elementele de construcții sînt preîncălzite la sudare sau sînt supuse unui tratament termic de recoacere de detensionare, se poate utiliza o clasă de calitate inferioară față de cea rezultată din diagramă, de exemplu clasa de calitate 2 în loc de 3.

Rezultatele la care se ajunge în stabilirea claselor de calitate ale oțelurilor, cu ajutorul metodei coeficientului de periculozitate, trebuie analizate cu

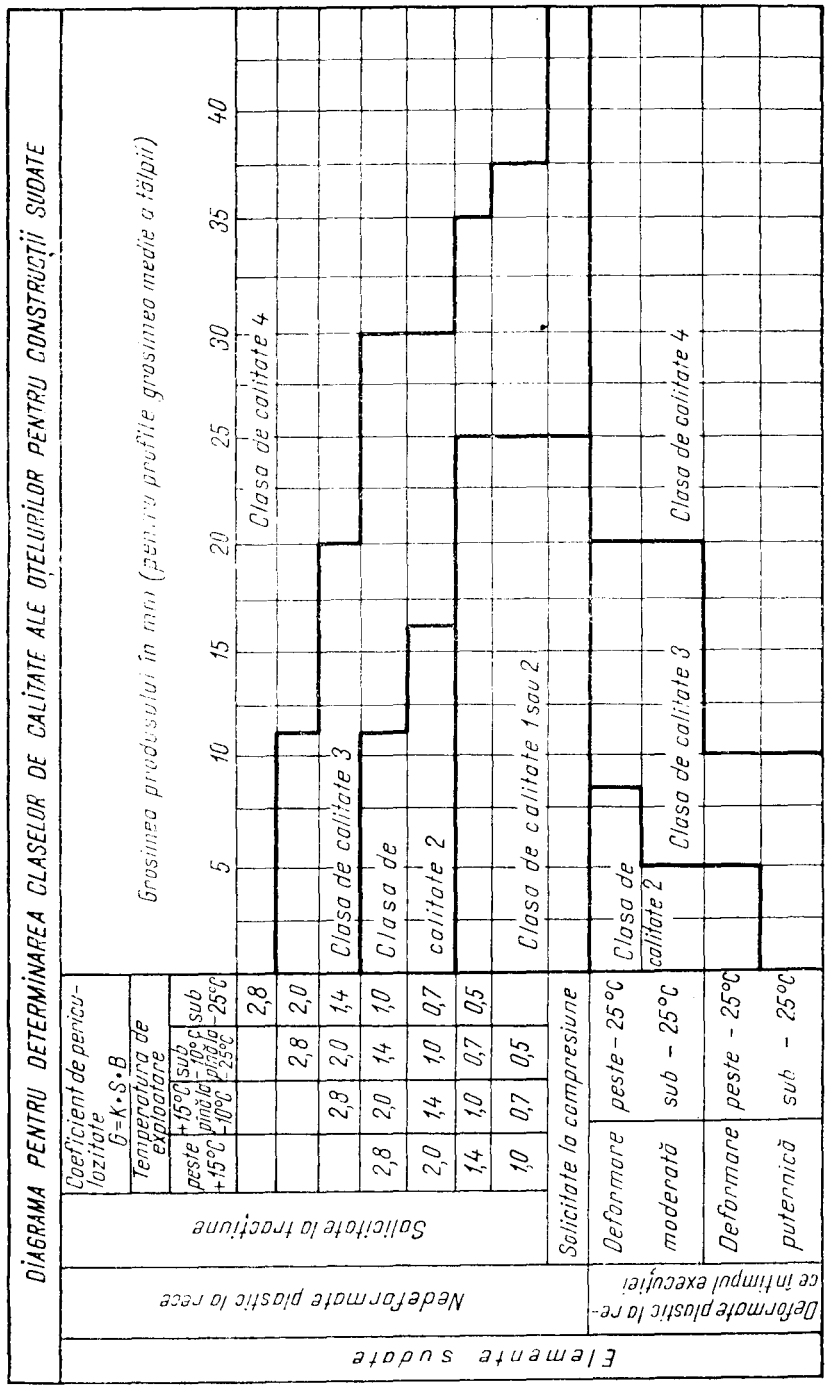


Fig. 1.1.

atenție, deoarece în anumite condiții se poate ajunge la unele exagerări sau precizări inacceptabile. Astfel, la construcții exploatate la temperatura de +10°C, dacă grosimea elementului este de peste 20 mm, rezultă că este necesar un material din clasa 4 de calitate. Această situație se poate datora faptului că factorii K și S conțin elemente de apreciere care depind de interpretarea care se dă unei anumite rezolvări și care este influențată de pricepere și experiența proiectantului. Un alt aspect la care se poate ajunge din diagramă îl constituie faptul că indicarea clasei de calitate 4, fără o altă specificare, în anumite condiții nu este suficientă, deoarece la temperaturi sub —20°C se poate să se impună oțeluri din clasa de calitate 4I, cu energia de rupere (KV) garantată la —30°C sau oțelurile din clasa de calitate 4II, cu energia de rupere (KV) garantată la temperatura de —40°C.

În ce privește stabilirea gradului de dezoxidare a oțelului se va ține seama de următoarele:

— În cazul elementelor comprimate, de grosime t, dacă:

$t \leqslant 25$ mm, se recomandă oțeluri necalmate (n);

$t > 25$ mm, se recomandă oțeluri calmate (k).

— În cazul elementelor solicitate la întindere, în funcție de clasa de calitate, se recomandă:

— Clasa de calitate 2: oțeluri semicalmate (s) sau calmate (k);

— Clasa de calitate 3 sau 4: oțeluri calmate (k).

La stabilirea mărcii, a claselor de calitate și a gradului de dezoxidare a oțelului, este indicat să se țină seama de următoarele recomandări suplimentare:

1) Înlocuirea oțelului normal (OL 37) cu oțeluri slab aliate (OL 44, OL 52, OCS 52 etc.) se va face numai după o analiză atentă a eficienței tehnice și economice a acestor oțeluri, luînd în considerare faptul că:

— La flambajul barelor în domeniul elastic ($\lambda > 105$) valorile rezistențelor critice ale celor două oțeluri sînt identice;

— În cazul încărcărilor repetate, cu cicluri alternante, rezistențele de calcul la oboseală a celor două categorii de oțeluri nu diferă prea mult;

— Reducerea sensibilă a consumului de oțel, implicit a greutății proprii a elementelor de construcție, prin folosirea oțelurilor superioare (OL 52, OCS 52 etc.) se realizează cel mai bine în cazul solicitărilor statice mari sau a celor variabile cu ciclu de asimetrie oscilant, la care influența încărcărilor utile, față de cele permanente, este mică. Acesta este cazul construcțiilor mari industriale, al construcțiilor metalice cu dimensiuni mari, al podurilor de șosea și cale ferată cu deschideri mari și foarte mari. În cazul acestor construcții reducerea consumului de oțel, prin folosirea unor mărci superioare, poate ajunge pînă la 30%;

— Prelucrarea mecanică și sudarea oțelurilor superioare este, în general, mai dificilă;

— Costul oțelurilor superioare este mai ridicat decît al oțelurilor normale.

2) În cazul construcțiilor sudate de mare importanță este necesar să se țină seama și de condițiile tehnologice în care se sudează oțelul, de sudabilitatea sa.

Din punct de vedere al sudabilității, după STAS 7194-65, oțelurile pot avea sudabilitatea:

Ia — bună, necondiționată, fiind garantată fără condiții speciale;

Ib — bună, condiționată, fiind garantată cu condiția respectării unor măsuri prealabile;

II — posibilă, nu este garantată; în anumite condiții însă, se pot obține îmbinări de calitate corespunzătoare;

III — necorespunzătoare, nu este garantată și nu se recomandă pentru construcții metalice sudate.

În general, în funcție de natura și mărimea solicitărilor, se pot indica următoarele condiții de sudabilitate:

Ia — la construcții sudate solicitate dinamic sau cu încărcări statice importante;

Ib — la construcții sudate solicitate static;

II — pentru elemente de construcții solicitate la compresiune sau supuse la alte solicitări, piesa fiind supusă unui tratament corespunzător.

Orientativ se pot stabili mărcile de oțel, folosite în construcțiile metalice, care satisfac diferitele calificative ale sudabilității:

Ia — OL 34; OL 37; ORCA 37; OCS 44; OL 52; OCS 52; OCS 55; OLT 35; OCS 58; OT 40.

Ib — OLT 45; OL 44; OT 50; OLC 25.

II — OL 50; OLC 35; OLT 55.

III — OL 60; OT 60; OLC 45; OL 70.

Se poate arăta că oțelurile standardizate pentru construcții metalice cu maximum 0,25% C pe produs, au în general o comportare bună la sudare. Totuși o comportare și o aptitudine generală bună a acestor oțeluri la diversele procedee și metode de sudare nu poate fi garantată, deoarece comportarea oțelurilor în timpul și după sudare nu depinde numai de material, ci și de condițiile de execuție precum și de concepția constructivă a îmbinărilor sudate.

Buna comportare a oțelului la sudare este asigurată prin:

— compoziția chimică garantată pe produs;

— valorile minime ale rezilienței (KCU 30/2) și energiei consumate la rupere (KV), conform standardelor în vigoare (v. STAS 7748-74).

3) Pentru construcții sudate importante este necesar ca structura oțelului să fie fină și uniformă. În acest scop se vor prefera oțelurile cu granulație fină pentru construcții sudate (OCS-urile), calmate și calmate suplimentar (kf) care au fost supuse unui tratament termic de normalizare sau îmbunătățire. Condițiile care fixează starea de livrare sînt stabilite de STAS 500-76 și STAS 9021-75. În cazul lucrărilor deosebit de importante, care sînt exploatate la temperaturi foarte scăzute, se vor folosi oțeluri care au în compoziția lor elemente care asigură o structură fină și uniformă (v. tabelele 1.1 și 1.2) cum sînt de exemplu oțelurile OCS 52. 7a.k; OL 52. 4II B.kf etc.

1.2.2. Materiale pentru îmbinări

Îmbinările construcțiilor din oțel se pot realiza cu nituri, cu șuruburi obișnuite sau de înaltă rezistență strînse excesiv, cu cusături de sudură sau prin încleiere la cald ori la rece folosind adezivi adecvați.

1.2.2.1. **Îmbinări cu nituri.** Pentru realizarea îmbinărilor și prinderilor elementelor de construcții din oțel cu ajutorul niturilor, în mod curent se utilizează următoarele tipuri de nituri :

— nituri cu cap semirotund (semisferic), care se pot folosi la îmbinarea pachetelor cu grosimea maximă de $5d$, la construcții civile și industriale, respectiv $4{,}5\,d$, pentru poduri și construcții metalice hidrotehnice (d fiind diametrul tijei nitului după barete) ;

— nituri cu cap înecat, care asigură după nituire suprafețe plane ;

— nituri cu cap semiînecat, cu ajutorul cărora se pot strînge pachete cu o grosime de pînă la $7d$, în cazul construcțiilor civile și industriale și de $6{,}5\,d$ în cazul construcțiilor metalice hidrotehnice și a podurilor ;

— nituri cu cap tronconic ;

— nituri cu cap înalt etc. ;

Pentru îmbinarea elementelor de rezistență se utilizează în mod frecvent următoarele diametre de nituri (diametre de calcul, în milimetri) : 13 ; (15) ; 17 ; (19) ; 21 ; (23) ; 25 ; (28) ; 31 ; (34) ; 37 ; aceste diametre sînt egale cu diametrul tijei nitului bătut (egal cu diametrul găurii). Diametrul tijei nitului brut este cu 1 mm mai mic decît diametrul găurii. Diametrele de nituri din paranteză se vor evita pe cît posibil.

1.2.2.2. **Îmbinări cu șuruburi.** Îmbinările cu șuruburi se folosesc la construcții demontabile, la rezolvarea îmbinărilor de montaj, la prinderea și fixarea unor elemente nemetalice de elemente de oțel. Se mai întrebuințează șuruburi, în locul niturilor, la îmbinări care conduc la solicitări mari de tracțiune în tije și la îmbinarea pachetelor de platbenzi cu grosime mare.

Șuruburile sînt alcătuite dintr-o tijă cilindrică prevăzută la un capăt cu un cap hexagonal iar la celălalt capăt tija are o porțiune filetată pe care se introduce o șaibă și se înșurubează o piuliță hexagonală. Filetul se notează cu M urmat de o cifră care reprezintă diametrul exterior al filetului, în milimetri. De exemplu : M 20 reprezintă un șurub cu filet metric, cu diametrul exterior în zona filetată de 20 mm.

Șuruburile și accesoriile lor, folosite la rezolvarea îmbinărilor elementelor metalice, se realizează diferit, în funcție de calitate, mod de lucru și destinație.

Calitatea șuruburilor este evidențiată de un simbol al grupei caracteristicilor mecanice (STAS 2700/3-69) format din două numere ; primul număr reprezintă 1/10 din rezistența minimă de rupere la tracțiune, exprimată în daN/mm², iar cel de al doilea număr reprezintă, în procente, 1/10 din raportul dintre limita de curgere (convențională sau aparentă) și rezistența minimă de rupere la tracțiune. Prin înmulțirea celor două numere se obține limita de curgere, în daN/mm², a oțelului folosit la confecționarea șuruburilor. Fiecare grupă de caracteristici mecanice se execută în categoriile de execuție indicate în tabelul 1.7. În același tabel se prezintă grupa caracteristicilor mecanice și categoriile de execuție pentru piulițe.

Tabelul 1.7

Șuruburi. Piulițe. Grupe de caracteristici mecanice

Șuruburi	Grupa de caracteristici mecanice	Conform STAS 2700/3-69	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	8.9	10.9	12.9	14.9
	Categoria de execuție	Precise	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		Semiprecise	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	—
		Grosolane	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Piulițe	Grupa de caracteristici mecanice	Conform STAS 2700/4-69	4		5		6			8	8	10	12	14
	Categoria de execuție	Precise	×		×		×			×	×	×	×	×
		Semiprecise	×		×		×			×	×	—	—	—
		Grosolane	×		—		—			—	—	—	—	—

× Grupe de caracteristici mecanice care se execută.

Proiectantul, în cadrul activității de proiectare a îmbinărilor cu șuruburi, are obligația de a preciza doar simbolul grupei de caracteristici mecanice în funcție de rezistența minimă de rupere pe care trebuie să o asigure șurubul, urmînd ca producătorul, pe baza simbolului, să aleagă materialul din care confecționează șurubul și piulița, precum și tratamentul termic adecvat. Un șurub la care nu se precizează simbolul caracteristicilor mecanice, se consideră din grupa 4.6, iar piulița din grupa 4.

Din punct de vedere al *modului de lucru al îmbinării*, se vor folosi :

1) Șuruburi obișnuite, care asigură transmiterea eforturilor de la o piesă la alta a îmbinării, prin întinderea tijei sau prin contactul dintre tija șurubului și peretele găurii.

Din punct de vedere al execuției îmbinării sau prinderii, șuruburile se realizează, conform tabelului 1.8, sub formă de :

a) Șuruburi nepăsuite, la care diferența dintre diametrul găurii și diametrul tijei este de 0,5 — 2,0 mm. Aceste șuruburi se vor folosi doar pentru îmbinări la care tija este solicitată la :

— întindere ; se pot folosi șuruburi grosolane (4.6) sau semiprecise (4.6 ; 4.8) la care filetul este lung și pătrunde și în zona materialului care urmează a fi îmbinat (v. tabelul 1.35). Se folosesc șaibe standardizate (v. tabelul 1.40) ;

— valori mici ale tensiunilor de forfecare sau întindere și forfecare. Se folosesc șuruburi grosolane (4.6) sau semiprecise (4.6 ; 4.8 ; 5.6 ; 5.8), la care filetul este executat cu o lungime mai mică decît cea prevăzută în standarde,

Tabelul 1.8

Recomandări privind alegerea calității materialelor de îmbinare

Îmbinări realizate cu	Elemente de îmbinare					Se execută conform STAS și prescripțiilor	Calitatea recomandată pentru materiale de îmbinare a elementelor de construcții executate din :		
							OL 37 ORCA 37	OL 42 OL 44 OCS 44	OL 52 OCS 52 ORCA 52
Nituri	Nit cu cap			Semirotund		797-67	OL 34.1	OL 37.1	OL 44.3
				Înecat		3165-67			
				Semiînecat		802-67			
				Tronconic		801-67			
Șuruburi	Nepăsuite [2]	$\varnothing - d_1 \approx 0 \ldots 2$ mm [3]	Grosolane	Șurub		920-69	4.6 [1]	4.8	—
				Piuliță		922-76	4	4	—
				Șaibă	uzuală	1388-72	OL 34.1	OL 34.1	—
					groasă [2]	Tabelul 1.40	OL 37.1	OL 44.2	—
					grower	7666-66	ARC 6A	ARC 6A	—
					profil I, U	2242-57	OL 37.1	OL 37.1	—
			Semiprecise	Șurub		6220-69	—	5.6	6.6
				Piuliță		6218-69	—	5	6
				Șaibă	uzuală	1388-72	—	OL 34.1	OL 34.1
					groasă [2]	Tabelul 1.40	—	OL 44.2	OL 52
					grower	7666-66	—	ARC 6A	ARC 6A
					profil I,U	2242-57	—	OL 37.1	OL 37.1
	Păsuite	$\varnothing - d_1 \approx 0 \ldots 0{,}4$ mm	Precise	Șurub		Tabelul 1.38	4.6	5.6	5.6
				Piuliță		4071-69	4	5	6
				Șaibă	groasă [2]	Tabelul 1.40	OL 37.1	OL 44.2	OL 52
					grower	7666-66	ARC 6A	ARC 6A	ARC 6A
					profil I,U	2242-57	OL 37.1	OL 37.1	OL 37.1
	Înaltă rezistență pretensionate	$\varnothing - d_1 \approx 0 \ldots 1{,}6$ mm	Precise	Șurub IP		Tabelul 1.39	8.8	9.8 ; 10.9	10.9 ; 12.9
				Piuliță IP			8	9 ; 10	10 ; 12
				Șaibă	IP	Tabelul 1.40	41MoC 11	41MoC 11	41MoC 11
					profil I,U	DIN 6917 6918	OLC 45	OLC 45	OLC 45
Sudură	Manuală			Electrozi înveliți			V. tabelele 1.10 ; 1.11		
	Automată			Sîrmă de sudare			V. pct. 1.2.2.3 și STAS 1126-76		
				Flux					

[1] **Simbolul caracteristicilor mecanice** STAS 2700-69 (v. tabelul 1.9).

[2] **Nestandardizată** (vezi tabelele cu șuruburi) folosită în cazul șuruburilor solicitate la **forfecare.**

[3] **Ø — diametrul găurii ; d_1 — diametrul tijei.**

pentru ca zona filetată să se găsească în afara secțiunii îmbinate. În acest caz se vor folosi șaibe groase, avînd în vedere că ele trebuie să acopere ieșirea filetului din secțiunea îmbinată.

În proiectare, în cazul folosirii șuruburilor cu filet scurt și a șaibelor groase, este indicat să se dea detalii de îmbinare și detalii de execuție a șuruburilor, din care să rezulte lungimea zonei filetate și a șaibelor groase ;

b) șuruburi păsuite, la care diferența dintre diametrul găurii și diametrul tijei este foarte mică, de 0—0,4 mm, din care cauză găurile și tijele se execută cu toleranțe strînse. Șuruburile păsuite se folosesc numai în cazul solicitărilor mari de forfecare. Din cauză că îmbinările cu șuruburi păsuite sînt solicitate îndeosebi la forfecare, va trebui ca zona filetată să fie în afara pachetului de îmbinat și se vor dispune sub piulițe șaibe groase. Deoarece șuruburile păsuite și șaibele groase nu sînt standardizate, în proiecte se vor da detalii de execuție a șuruburilor, a șaibelor și a îmbinărilor pe baza indicațiilor din tabelele 1.38 și 1.40 ;

c) șuruburi de ancorare, care sînt folosite pentru prinderea (fixarea) pieselor metalice de grinzi sau fundații din beton sau beton armat.

În funcție de dimensiunile dispozitivelor de rezemare, șuruburile de ancorare se execută ca :

— șuruburi de fundații (STAS 2350-70), calitatea 4.6, în cazul ancorării fermelor, a grinzilor și a stîlpilor foarte mici ;

— șuruburi de ancorare directă (v. tabelul 8.6) sau mecanică (v. tabelul 8.7), cu simbolul caracteristicilor mecanice 4.6 (din oțel marca OL 37) sau 5.8 (din oțel marca OL 50), în cazul stîlpilor încastrați.

2) Șuruburi de înaltă rezistență cu pretensionare (IP), care spre deosebire de șuruburile obișnuite, asigură transmiterea eforturilor de la o piesă la alta a îmbinării prin frecarea care apare între piese, datorită strîngerii excesive a piuliței, eventual și prin contactul dintre tije și peretele găurii. Între diametrul găurii și diametrul tijei șurubului de înaltă rezistență poate exista o diferență de 1,0 — 1,6 mm. Șuruburile de înaltă rezistență cu pretensionare (IP) se execută din oțeluri aliate, cu limită de curgere foarte ridicată (v. tabelele 1.8 și 1.9), pe baza indicațiilor date în tabelul 1.39, a prevederilor instrucțiunilor tehnice și a standardelor pe produs (pr. STAS 8796-76).

1.2.2.3. **Îmbinări sudate.** Ca urmare a progreselor realizate în tehnica sudării, la ora actuală în construcțiile din oțel, îmbinările sudate au înlocuit aproape complet îmbinările cu nituri ; construcțiile realizate prin sudare sînt mult mai simple, cu un consum mai mic de oțel decît cele cu îmbinări nituite și permit realizarea unor forme variate care răspund mai bine cerințelor de rezistență.

Pentru realizarea îmbinărilor sudate, în construcțiile de oțel, se utilizează îndeosebi procedeul de sudare prin topire și adaos de material topit cu metodele de sudare :

— sudarea oxigaz ;

— sudarea cu arc electric manuală, semiautomată și automată.

La sudarea cu arc electric manuală se folosesc electrozi metalici înveliți, cu diametrul de 2,0 ; 2,5 ; 3,25 ; 4,0 ; 5,0 și 6,0 mm și lungimea de 300 și 450 mm.

Stabilirea tipului electrodului, a dimensiunilor și a condițiilor de execuție ale îmbinării sudate, se face ținînd seama de caracteristicile mecanice și de

Tabelul 1.9

Condiții și oțeluri indicate pentru executarea șuruburilor

Tipul șurubului	Categoria de execuție	Condiții pe care trebuie să le satisfacă șurubul [1]: Simbolul caracteristicilor mecanice — Șurub	Piuliță	σ_r daN/mm²	σ_c min. daN/mm²	δ_5 min. %	Duritate Brinel HB	Mărci de oțeluri care satisfac condițiile impuse de STAS 2700/1-69 STAS 2700/3-69 [2]
Obișnuit	Grosolane [3] Semiprecise	4.6	—	40—55	21	25	110—170	OL 37.1 OLC 15
		—	4	40	—	—	302	
		4.8	—	40—55	32	14	110—170	OL 44.2 OLC 35
	Semiprecise Precise	5.6	—	70—140	30	20	140—215	OLC 35 OL 50.1
		—	5	50	—	—	302	
		5.8	—	70—140	40	10	140—215	OLC 40 ; OLC 45 ; OLC 50 ; AOT 12 ;
Înaltă rezistență pretensionat	Precise	8.8	—	80—100	64	12	225—300	33 MoC 11 ; 41 MoC 11 ; 36 MoC 10
		—	8	80	—	—	302	
		10.9	—	100—120	90	9	280—365	13 CN 35
		—	10	100	—	—	353	
		12.9	—	120—140	108	8	330—425	Informații privind compoziția chimică sînt date în STAS 2700/3-69.
		—	12	120	—	—	353	
		14.9	—	140—160	126	7	390	
		—	14	140	—	—	375	

[1] Conform STAS 2700/1-69 ; 2700/3-69 ; 2700/4-69.

[2] Alegerea materialului și a tratamentului termic cel mai indicat este la latitudinea producătorului, cu obligația acestuia de a garanta caracteristicile mecanice. Proiectantul va indica numai simbolul caracteristicilor mecanice pe care trebuie să le satisfacă șurubul și piulița, în caz contrar șuruburile se vor executa conform grupei 4.6.

[3] Grosolane — numai pentru șuruburi nepăsuite.

deformabilitate, de tenacitate și tendința spre ruperea fragilă pe care trebuie să le satisfacă metalul depus prin sudare precum și în funcție de caracterul și grosimea învelișului, poziția de sudare etc.

Pentru simplificarea indicațiilor pe care trebuie să le dea, proiectantul se folosește de sistemul de simbolizare indicat în STAS 7240-69.

După prevederile STAS 7240-69, simbolizarea electrozilor metalici inveliți se face cu litera E urmată de numere, litere și cifre care indică în ordine următoarele caracteristici :

Caracteristicile mecanice ale metalului depus prin sudare :

— rezistența minimă de rupere la tracțiune, în daN/mm² ;

— alungirea minimă la rupere, pe epruveta scurtă δ_5, în procente ;

— rezilienta minimă (KCU 30/2) la temperatura de +20°C, în daJ/cm².

În funcție de caracteristicile mecanice pe care le satisfac, după STAS 7240-69, electrozii metalici inveliți, vor fi de următoarele tipuri : E 38.18 ; E 42.22.7 ; E 42.26.13 ; E 44.22.7 ; E 44.22.9 ; E 48.21.9 ; E 48.24.13 ; E 50.22.7 ; E 50.22.7 ; E 50.24.13 ; E 52.22.13 ; E 55.20.11.

Caracterul învelișului electrodului este simbolizat cu litere, și anume :

— *Învelișul bazic* (B) care conține un amestec de carbonat de calciu și magneziu, cu adaosuri de produse dezoxidante și denitrurante, sub formă de feroaliaje. De regulă învelișul este gros, zgura rezultată este compactă și se desprinde ușor. Deoarece asigură un arc cu pătrundere medie, electrozii cu înveliș bazic se folosesc pentru sudare în toate pozițiile, de regulă la curent continuu. Pentru a evita porozitatea cusăturii, din cauză că învelișul este higroscopic, înainte de utilizare, electrozii se vor păstra timp de 2 ore în etuve la temperatura de 200...300°C pentru a-și pierde umiditatea. Se recomandă pentru sudarea secțiunilor groase, a elementelor și construcțiilor foarte rigide sau a elementelor importante supuse la solicitări dinamice și vibratorii, alcătuite din oțel normal, oțel slab aliat sau oțel cu granulație fină. Cu electrozi cu înveliș bazic se obțin suduri cu caracteristici mecanice și cu rezilienție foarte bune chiar la temperaturi sub 0°C ; metalul depus prezintă o rezistență bună la fisurare la cald sau la rece.

— *Învelișul acid* (A), care este de regulă de grosime medie sau groasă și conduce la formarea unei zguri care se desprinde ușor. Cu electrozi cu înveliș acid se asigură viteze mari de sudare la curent continuu sau alternativ și o bună pătrundere. Se sudează de regulă în poziție orizontală, putînd fi folosiți și pentru alte poziții. Avînd în vedere tendința de fisurare la cald, mai ales la sudarea în poziție înclinată sau verticală, electrozii cu înveliș acid se vor folosi la sudarea oțelurilor cu o bună sudabilitate, la care nu se depășește conținutul de 0,20% carbon și 0,05% sulf, în cazul oțelurilor necalmate, și 0,25% carbon, respectiv 0,06% sulf, la oțelurile calmate. Metalul depus în condiții tehnologice adecvate prezintă rezistențe mecanice bune.

— *Învelișul rutilic* (R), care conține bioxid de rutil, precum și silicați naturali sau feroaliaje, ca elemente de afinare. Electrozii cu înveliș rutilic se fabrică cu înveliș de grosime medie sau groasă. Acești electrozi dau suduri cu un aspect regulat și caracteristici mecanice bune. Permit sudarea în curent continuu sau alternativ și prezintă o mare stabilitate a arcului. Prezintă o ușoară tendință de fisurare la cald, mai ales la sudurile verticale. În timpul sudării, acești electrozi produc împroșcături de metal topit. Cu restricțiile precizate la electrozii cu înveliș acid, se recomandă pentru sudarea oțelurilor de construcții cu un conținut de pînă la 0,25% carbon, precum și la oțelurile slab aliate cu un conținut mai redus de mangan (oțel marca OL 44).

— *Învelișul titanic* (T), de grosime medie, conține bioxid de titan și feroaliaje. Electrozii cu înveliș titanic se folosesc cu unele măsuri tehnologice suplimentare, pentru sudare în toate pozițiile. Cusătura de sudură are aceeași tendință de fisurare la cald ca și în cazul electrozilor cu înveliș rutilic. Sudarea se execută în curent continuu sau alternativ și cu tensiunea de mers în gol.

— *Învelișul celulozic* (C) de grosime medie, conține în mare măsură substanțe organice, care prin ardere produc un volum mare de gaz protector și determină o viteză de topire foarte mare cu o pătrundere adîncă. În timpul

depunerii materialului topit, împroșcările fiind importante, aspectul cusăturilor este grosolan, neregulat. Electrozii cu înveliș celulozic se pot folosi pentru sudare în toate pozițiile, atît în curent continuu cît și alternativ. Caracteristicile mecanice ale metalului depus sînt suficient de bune.

— *Învelișul oxidant* (O), gros, asigură un arc stabil, dar nu asigură protecția băii metalice contra elementelor dăunătoare din aer. Electrozii cu înveliș oxidant asigură o pătrundere medie : baia metalică fiind fluidă, se realizează cusături subțiri, netede, cu aspect lucios. Acești electrozi se folosesc pentru sudare în poziție orizontală în curent continuu sau alternativ, cînd nu sînt necesare caracteristici mecanice ridicate, ci primează aspectul sudurii.

Grosimea învelișului este caracterizată de raportul dintre diametrul electrodului învelit D și diametrul vergelei de oțel d. Simbolurile care evidențiază grosimea învelișului electrodului, sînt :

s — electrozi cu înveliș subțire, la care $D/d \leqslant 1{,}4$; se utilizează la construcțiile de mică importanță, fiind evitați la realizarea îmbinărilor elementelor solicitate dinamic ;

m — electrozi cu înveliș mediu, la care $D/d = 1{,}4 \ldots 1{,}55$, cu ajutorul cărora se obțin suduri de calitate, fiind de multe ori utilizați la construcții importante, la sudurile de poziție ;

g — electrozi cu înveliș gros, la care $D/d = 1{,}55 \ldots 1{,}70$ și care se utilizează la executarea sudurilor de înaltă calitate ;

fg — electrozi cu înveliș foarte gros, cu raportul $D/d > 1{,}70$, folosiți în cazuri speciale la suduri foarte importante.

Pozițiile de sudare se simbolizează prin cifre, astfel :

1 — sudare în toate pozițiile ;

2 — sudare în toate pozițiile cu excepția poziției verticale (sudură verticală în plan vertical) de sus în jos ;

3 — sudare în poziție orizontală, orizontală în jgheab (sudură orizontală în plan vertical) și ușor înclinată ;

4 — sudare în poziție orizontală în jgheab.

Caracterul curentului electric de sudare utilizat se simbolizează tot prin cifre, astfel :

1 — sudare cu curent continuu și alternativ ;

2 — sudare cu curent continuu.

Caracteristicile tehnice speciale ale electrozilor se simbolizează prin litere, după cum urmează :

H — electrozi cu conținut redus de hidrogen ;

P — electrozi cu pătrundere adîncă ;

Fe — electrozi cu înveliș care conține pulbere de fier de minimum 15% ;

% — electrozi de mare randament simbolizați prin valoarea medie a randamentului, în procente.

Exemplu de notare a unui electrod învelit ;

E 50.24.9/Rm 21 (STAS 7240-69) reprezintă un electrod cu înveliș rutilic, de grosime medie, care asigură metalului depus rezistența la rupere $\sigma_r \geqslant 50$ daN/mm², alungirea pe epruveta scurtă $\delta_5 \geqslant 24\%$ și reziliența KCU $30/2 \geqslant 9$ daJ/cm² la temperatura de +20°C, care sudează în toate pozițiile cu excepția poziției verticale de sus în jos, la curent continuu și curent alternativ.

În unele tabele, în extrase de material metalic sau în desene de execuție se poate admite și o notare simplificată a electrozilor care să evidențieze principalele caracteristici. De exemplu, E.44.T reprezintă un electrod cu înveliș titanic, care asigură materialului depus rezistența la rupere $\sigma_r \geqslant 44$ daN/mm².

Simbolizarea și indicarea electrozilor după STAS 7240-69 se face în conformitate cu recomandările ISO/R 635-1967.

La proiectare, proiectantul are obligația de a indica cel puțin sub formă de simbol, caracteristicile electrozilor recomandați pentru sudarea diferitelor îmbinări în uzină sau pe șantier. Este indicat să fie precizată și denumirea comercială a electrodului.

Alegerea electrozilor pentru sudare trebuie să se facă la proiectare pe considerente de ordin tehnic (tabelele 1.10 și 1.11) și economic. În condițiile în care două mărci de electrozi conduc la caracteristici mecanice ale metalului depus asemănătoare, trebuie aleasă marca de electrod care are costul cel mai scăzut. De exemplu, pentru sudarea elementelor din oțel normal se pot utiliza atît electrozi Supertit sau Supertit fin, fabricați la I.S.P.S. Buzău, cît și electrozi E.44.T, fabricați la I.S. Cîmpia Turzii. O situație similară se întîlnește și în cazul sudării oțelurilor slab aliate (mărcile OL 44 și OL 52) unde se pot folosi atît electrozi E.50.B cît și electrozi Superbaz.

La sudarea electrică automată și semiautomată ca electrod se folosește sîrma metalică neînvelită, livrată în colaci. Sîrma se fabrică cu diametru de 1,6 — 6 mm, avînd în general suprafața acoperită cu un strat subțire de cupru care-i mărește rezistența la coroziune și îmbunătățește caracteristicile mecanice și de deformație ale metalului depus.

Pentru sudarea oțelurilor de uz general pentru construcții cu un procent de carbon $C < 0{,}25\%$ și un conținut de mangan de pînă la $Mn \leqslant 0{,}60\%$, se recomandă sîrma S10X, iar pentru sudarea oțelurilor slab aliate și calmate se recomandă sîrmele S10M1, S12M2 și S10M1Ni.

În cazul sudării electrice automate și semiautomate, cu sîrmă neînvelită, protejarea arcului electric și a băii de metal topit de contactul cu atmosfera se face cu un material granular, denumit flux sau fondant. Fluxul se fabrică prin granularea unor amestecuri de elemente asemănătoare cu cele din învelișul electrozilor.

Stabilirea fluxului pentru sudare se face în funcție de tipul sudurii, de proprietățile metalului de bază (care urmează să se sudeze) și de caracteristicile sîrmei de sudare.

Exemple de combinații sîrmă-flux și mărci de oțeluri recomandate pentru sudare, care conduc la caracteristici mecanice, de tenacitate și de deformație bune, se prezintă în tabelul 1.12.

Sudarea electrică automată și semiautomată se poate realiza și cu sîrme de oțel slab și mediu aliate neînvelite în mediu de bioxid de carbon (CO_2) sau de argon. Sîrmele pot fi cu secțiune plină (marca S10MnSiNiMo ; S10MnSiNiCu ; S11Mn2SiNi) sau tubulară (mărcile asimilate de I.S.P.S.-Buzău). Cu aceste sîrme se pot suda oțeluri de construcții, oțeluri carbon (OL 37) sau oțeluri slab aliate care pot fi exploatate la temperaturi joase de pînă la —30 °C.

Calitatea materialelor cu ajutorul cărora se execută îmbinările elementelor și construcțiilor din oțel : nituri, șuruburi, electrozi, sîrme de sudare și

Tabelul 1.10

Calități de electrozi pentru sudare fabricați la fabrica „Industria Sîrmei" Cîmpia Turzii

| Denumirea comercială | Material de bază | | | | | | | | | | | | | Indicații de utilizare | | | | | | | | | | | | |

fluxuri, se alege în funcție de calitatea materialului de bază, de importanța elementului în structură, de natura și mărimea solicitărilor, de costul elementelor de îmbinare, pe baza indicațiilor date în tabelele 1.8, 1.9, 1.10 și 1.11.

1.3. Sortiment de produse finite din oțel folosit la uzinarea construcțiilor metalice

La uzinarea construcțiilor metalice din oțel se folosesc în mod curent produse laminate și elemente de îmbinare standardizate. Cele mai importante produse laminate sînt prezentate, sub formă de extras din standardele pe produs sau din normele străine, în tabelele 1.13 — 1.34.

În tabelele 1.35 — 1.40 se dau caracteristicile elementelor de îmbinare, iar în tabelul 1.41 se prezintă principalii furnizori din țară de produse laminate și elemente de îmbinare.

1.3.1. Produse laminate

Oțel I (tabelul 1.13)	STAS 565-71
Oțel I economic (tabelul 1.14)	STAS 7550-66
Oțel U (tabelul 1.15)	STAS 564-71
Oțel U economic (tabelul 1.16)	STAS 7551-66
Oțel cornier cu aripi egale (tabelul 1.17)	STAS 424-71
Oțel cornier cu aripi neegale (tabelul 1.18)	STAS 425-70
Oțel pătrat (tabelul 1.19)	STAS 334-74
Șină de rulare KP (tabelul 1.20)	GOST 4121-62
Șină de rulare tip A (tabelul 1.21)	DIN 536.BL.1
Oțel rotund (tabelul 1.22)	STAS 333-71
Țevi din oțel fără sudură, laminate la cald (tabelul 1.23)	STAS 404/1.2-71
Țevi profilate din oțel fără sudură, pătrate (tabelul 1.24)	STAS 6086-70
Țevi profilate din oțel fără sudură, dreptunghiulare (tabelul 1.25)	STAS 6086-70
Bandă de oțel (tabelul 1.26)	STAS 908-69
Oțel lat (tabelul 1.27)	STAS 395-68
Platbandă (tabelul 1.28)	
Tablă groasă. Dimensiuni (tabelul 1.29)	STAS 437-73
Tablă groasă. Mase (tabelul 1.30)	STAS 437-73
Tablă striată (tabelul 1.31)	STAS 3480-75
Tablă ondulată (tabelul 1.32)	STAS 2029-68
Profile din tablă cutată (tabelul 1.33)	
Oțel T (tabelul 1.34)	STAS 566-68
Profile pentru ferestre metalice	
Oțel semirotund	STAS 1722-68
Țevi din oțel fără sudură, trase sau laminate la rece	STAS 530/1,2-71
Țevi sudate longitudinal	STAS 7657-71
Tablă subțire pentru construcții mecanice	STAS 901-74
Tablă zincată	STAS 2028-71

Tabelul 1.13

Conform STAS 565-71

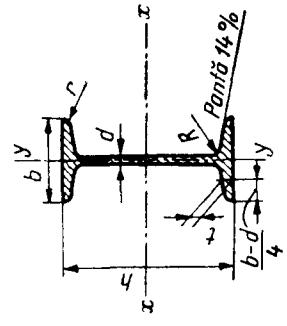
OȚEL I

Dimensiuni, mase, mărimi statice

Lungimi fixe: 6—12 m

Calități OL 37

Exemplu de notare pe desen pentru $h = 220$ mm: $l = 1\,250$mm: I 22...1 250



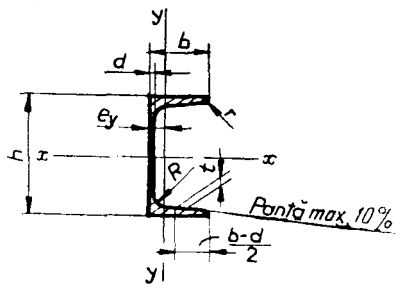
h — înălțimea profilului
d — grosimea inimii
R — raza de rotunjire interioară a tălpilor
r — raza de rotunjire a tălpilor la vîrf
I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de girație } raportate la axa de încovoiere respectivă
S — momentul static al semisecțiunii
b — lățimea tălpilor
t — grosimea medie a tălpilor

Denumirea profilului I	Dimensiuni, mm					Aria secțiunii A cm²	Masa G kg/m	Mărimi statice pentru axele de încovoiere						S_x cm³
								x—x			y—y			
	h	b	t	$d=R$	r			I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	
8	80	42	5,77	3,9	2,3	7,58	5,95	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	11,4
10	100	50	6,64	4,5	2,7	10,6	8,32	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	19,9
12	120	58	7,52	5,1	3,1	14,2	11,2	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	31,8
14	140	66	8,40	5,7	3,4	18,3	14,4	573	81,9	5,61	36,2	10,71	1,40	47,7
16	160	74	9,28	6,3	3,8	22,8	17,9	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	68,0
18	180	82	10,16	6,9	4,1	27,9	21,9	1 450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	93,4
20	200	90	11,04	7,5	4,5	33,5	26,3	2 140	214	8,00	117	26,0	1,87	125
22	220	98	11,92	8,1	4,9	39,6	31,1	3 060	278	8,80	162	33,1	2,02	162
24	240	106	12,80	8,7	5,2	46,1	36,2	4 250	354	9,59	221	41,7	2,20	206
26	260	113	13,77	9,4	5,6	53,4	41,9	5 740	442	10,4	288	51,0	2,32	257
28	280	119	14,85	10,1	6,1	61,1	48,0	7 590	542	11,1	364	61,2	2,45	316
30	300	125	15,82	10,8	6,5	69,1	54,2	9 800	653	11,9	451	72,2	2,56	381
32	320	131	16,92	11,5	6,9	77,8	61,1	12 510	782	12,7	555	84,7	2,67	457
36	360	143	19,05	13,0	7,8	97,1	76,2	19 610	1 090	14,2	818	114,0	2,90	638
40	400	155	21,10	14,4	8,6	118,0	92,6	29 210	1 460	15,7	1 160	149,0	3,13	857

Tabelul 1.16

Conform STAS 7551-66	**OȚEL U ECONOMIC** **Dimensiuni, mase, mărimi statice**	Lungimi fixe 6—12 m	Calități : OL 37	Exemplu de notare pe desen pentru l=160 mm ; l=970 mm : UE 16...970

I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de girație
} raportate la axa de încovoiere respectivă
S — momentul static al semisecțiunii



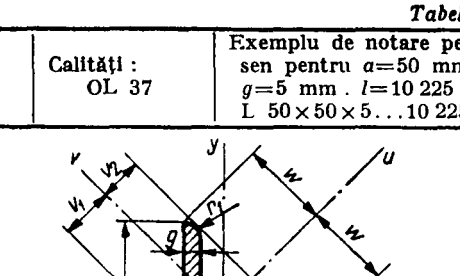
Denumirea profilului UE	Dimensiuni, mm						Aria secțiunii A cm²	Masa G kg/m	Mărimi statice pentru axele de încovoiere						S_x cm³	e_y cm
									$x-x$			$y-y$				
	h	b	d	t	R	r			I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm		
5*	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5	6,16	4,84	22,8	9,10	1,92	5,61	2,75	0,954	5,59	1,16
6,5*	65	36	4,4	7,2	6,0	2,5	7,51	5,90	48,6	15,00	2,54	8,70	3,68	1,08	9,00	1,24
8*	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	7,05	89,4	22,40	3,16	12,80	4,75	1,19	13,30	1,31
10*	100	46	4,5	7,6	7,0	3,0	10,90	8,59	174,0	34,80	3,99	20,40	6,46	1,37	20,40	1,44
12*	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	13,30	10,40	304,0	50,60	4,78	31,20	8,52	1,53	29,60	1,54
14*	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0	15,60	12,30	491,0	70,20	5,60	45,40	11,00	1,70	40,80	1,67
16*	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,10	14,20	747,0	93,40	6,42	63,30	13,80	1,87	54,10	1,80
18	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5	20,70	16,30	1 090,0	121,00	7,24	86,00	17,00	2,04	69,80	1,94
20	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,40	18,40	1 520,0	152,00	8,07	113,00	20,50	2,20	87,80	2,07
22	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	26,70	21,00	2 110,0	192,00	8,89	151,00	25,10	2,37	110,00	2,21
24	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,60	24,00	2 900,0	242,00	9,73	208,00	31,60	2,60	139,00	2,42
27*	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5	35,20	27,70	4 160,0	308,00	10,90	262,00	33,30	2,73	178,00	2,47
30*	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	40,50	31,80	5 810,0	387,00	12,00	324,00	43,60	2,84	224,00	2,52

* Se laminează în limita posibilităților uzinelor producătoare.

Tabelul 1.17

Conform STAS 424-71	**OȚEL CORNIER CU ARIPI EGALE** **Dimensiuni, mase, mărimi statice**	Lungimi fixe : 4—12 m	Calități : OL 37	Exemplu de notare pe desen pentru a=50 mm ; g=5 mm . l=10 225 mm : L 50×50×5...10 225

I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de girație
} raportate la axa de încovoiere respectivă

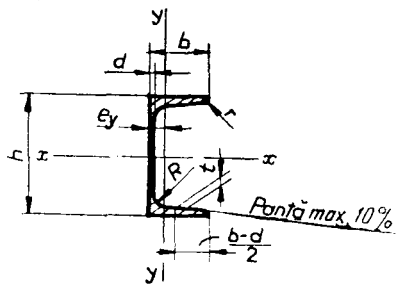


Denumirea cornierei L	Dimensiunile secțiunii, mm				Aria secțiunii A cm²	Masa G kg/m	Distanța axelor, cm				Mărimile statice pentru axele de încovoiere							
											$x-x$	$y-y$		$u-v$		$v-v$		
	a	g	r	r_1			e	w	v_1	v_2	$I_x=I_y$ cm⁴	$W_x=W_y$ cm³	$i_x=i_y$ cm	I_u cm⁴	i_u cm	I_v cm⁴	W_v cm³	i_v cm
20×20×3	20	3	3,5	2	1,12	0,88	0,60	1,41	0,84	0,70	0,39	0,28	0,59	0,61	0,74	0,16	0,19	0,38
20×20×4		4			1,45	1,14	0,64		0,90	0,71	0,41	0,36	0,58	0,77	0,73	0,21	0,23	0,38
25×25×3	25	3	3,5	2	1,42	1,11	0,72	1,77	1,02	0,87	0,80	0,45	0,75	1,26	0,94	0,33	0,32	0,48
25×25×4		4			1,85	1,45	0,76		1,08	0,89	1,01	0,58	0,74	1,60	0,93	0,43	0,40	0,48
25×25×5		5			2,26	1,77	0,80		1,13	0,91	1,20	1,71	0,73	1,89	0,91	0,52	0,46	0,48
30×30×3*	30	3	5	2,5	1,74	1,36	0,84	2,12	1,18	1,04	1,40	0,65	0,90	2,23	1,13	0,58	0,49	0,58
30×30×4		4			2,27	1,78	0,88		1,24	1,05	1,80	0,85	0,89	2,85	1,12	0,75	0,61	0,58
30×30×5		5			2,78	2,18	0,92		1,30	1,07	2,16	1,04	0,88	3,41	1,11	0,92	0,70	0,57
35×35×3*	35	3	5	2,5	2,04	1,60	0,96	2,47	1,36	1,23	2,29	0,90	1,06	3,63	1,34	0,95	0,70	0,58
35×35×4		4			2,67	2,09	1,00		1,42	1,24	2,95	1,18	1,05	4,68	1,33	1,23	0,86	0,68
35×35×5		5			3,28	2,57	1,04		1,48	1,25	3,56	1,45	1,04	5,64	1,31	1,49	1,01	0,67

Tabelul 1.16

Conform STAS 7551-66	**OȚEL U ECONOMIC** **Dimensiuni, mase, mărimi statice**	Lungimi fixe 6—12 m	Calități : OL 37	Exemplu de notare pe desen pentru l=160 mm ; l=970 mm : UE 16...970

I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de girație
} raportate la axa de încovoiere respectivă
S — momentul static al semisecțiunii



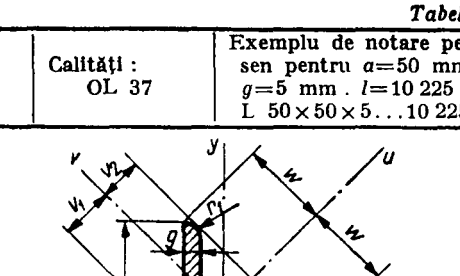
Denumirea profilului UE	Dimensiuni, mm						Aria secțiunii A cm²	Masa G kg/m	Mărimi statice pentru axele de încovoiere						S_x cm³	e_y cm
									$x-x$			$y-y$				
	h	b	d	t	R	r			I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm		
5*	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5	6,16	4,84	22,8	9,10	1,92	5,61	2,75	0,954	5,59	1,16
6,5*	65	36	4,4	7,2	6,0	2,5	7,51	5,90	48,6	15,00	2,54	8,70	3,68	1,08	9,00	1,24
8*	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	7,05	89,4	22,40	3,16	12,80	4,75	1,19	13,30	1,31
10*	100	46	4,5	7,6	7,0	3,0	10,90	8,59	174,0	34,80	3,99	20,40	6,46	1,37	20,40	1,44
12*	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	13,30	10,40	304,0	50,60	4,78	31,20	8,52	1,53	29,60	1,54
14*	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0	15,60	12,30	491,0	70,20	5,60	45,40	11,00	1,70	40,80	1,67
16*	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,10	14,20	747,0	93,40	6,42	63,30	13,80	1,87	54,10	1,80
18	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5	20,70	16,30	1 090,0	121,00	7,24	86,00	17,00	2,04	69,80	1,94
20	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,40	18,40	1 520,0	152,00	8,07	113,00	20,50	2,20	87,80	2,07
22	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	26,70	21,00	2 110,0	192,00	8,89	151,00	25,10	2,37	110,00	2,21
24	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,60	24,00	2 900,0	242,00	9,73	208,00	31,60	2,60	139,00	2,42
27*	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5	35,20	27,70	4 160,0	308,00	10,90	262,00	33,30	2,73	178,00	2,47
30*	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	40,50	31,80	5 810,0	387,00	12,00	324,00	43,60	2,84	224,00	2,52

* Se laminează în limita posibilităților uzinelor producătoare.

Tabelul 1.17

Conform STAS 424-71	**OȚEL CORNIER CU ARIPI EGALE** **Dimensiuni, mase, mărimi statice**	Lungimi fixe : 4—12 m	Calități : OL 37	Exemplu de notare pe desen pentru a=50 mm ; g=5 mm . l=10 225 mm : L 50×50×5...10 225

I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de girație
} raportate la axa de încovoiere respectivă



Denumirea cornierei L	Dimensiunile secțiunii, mm				Aria secțiunii A cm²	Masa G kg/m	Distanța axelor, cm				Mărimile statice pentru axele de încovoiere							
											$x-x$	$y-y$		$u-v$		$v-v$		
	a	g	r	r_1			e	w	v_1	v_2	$I_x=I_y$ cm⁴	$W_x=W_y$ cm³	$i_x=i_y$ cm	I_u cm⁴	i_u cm	I_v cm⁴	W_v cm³	i_v cm
20×20×3	20	3	3,5	2	1,12	0,88	0,60	1,41	0,84	0,70	0,39	0,28	0,59	0,61	0,74	0,16	0,19	0,38
20×20×4		4			1,45	1,14	0,64		0,90	0,71	0,41	0,36	0,58	0,77	0,73	0,21	0,23	0,38
25×25×3	25	3	3,5	2	1,42	1,11	0,72	1,77	1,02	0,87	0,80	0,45	0,75	1,26	0,94	0,33	0,32	0,48
25×25×4		4			1,85	1,45	0,76		1,08	0,89	1,01	0,58	0,74	1,60	0,93	0,43	0,40	0,48
25×25×5		5			2,26	1,77	0,80		1,13	0,91	1,20	1,71	0,73	1,89	0,91	0,52	0,46	0,48
30×30×3*	30	3	5	2,5	1,74	1,36	0,84	2,12	1,18	1,04	1,40	0,65	0,90	2,23	1,13	0,58	0,49	0,58
30×30×4		4			2,27	1,78	0,88		1,24	1,05	1,80	0,85	0,89	2,85	1,12	0,75	0,61	0,58
30×30×5		5			2,78	2,18	0,92		1,30	1,07	2,16	1,04	0,88	3,41	1,11	0,92	0,70	0,57
35×35×3*	35	3	5	2,5	2,04	1,60	0,96	2,47	1,36	1,23	2,29	0,90	1,06	3,63	1,34	0,95	0,70	0,58
35×35×4		4			2,67	2,09	1,00		1,42	1,24	2,95	1,18	1,05	4,68	1,33	1,23	0,86	0,68
35×35×5		5			3,28	2,57	1,04		1,48	1,25	3,56	1,45	1,04	5,64	1,31	1,49	1,01	0,67

Tabelul 1.17 (continuare)

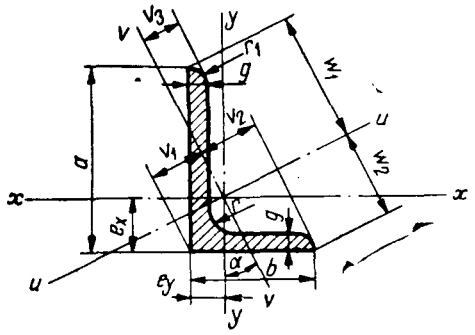
Denumirea cornierei L	Dimensiunile secțiunii, mm				Aria secțiunii A cm²	Masa G kg/m	Distanța axelor, cm				Mărimile statice pentru axele de încovoiere							
											$x-x$	$y-y$		$u-u$		$v-v$		
	a	g	r	r_1			e	w	v_1	v_2	$I_x=I_y$ cm⁴	$W_x=W_y$ cm³	$i_x=i_y$ cm	I_u cm⁴	i_u cm	I_v cm⁴	W_v cm³	i_v cm
40×40×3*	40	3	6	3	2,35	1,84	1,07	2,83	1,52	1,40	3,45	1,18	1,21	5,46	1,52	1,44	0,96	0,78
40×40×4		4			3,08	2,42	1,12		1,58	1,40	4,47	1,55	1,21	7,09	1,52	1,85	1,17	0,78
40×40×5		5			3,79	2,97	1,16		1,64	1,42	5,43	1 91	1,20	8,60	1,51	2,26	1,37	0,77
45×45×4*	45	4	7	3,5	3,49	2,74	1.23	3,18	1,75	1,57	6,43	1,97	1,36	10,2	1,71	2,67	1,53	0,87
45×45×5		5			4,30	3,38	1,28		1,81	1,58	7,84	2,43	1,35	12,4	1,70	3,25	1,80	0,87
45×45×6		6			5,08	4,00	1,32		1,87	1,59	9,16	2,88	1,34	14,5	1,69	3,82	2,04	0,87
50×50×4*	50	4	7	3,5	3,89	3,06	1,36	3,54	1,92	1,75	8,97	2,46	1,52	14,2	1,91	3,72	1,94	0,98
50×50×5		5			4,80	3,77	1,40		1,98	1,76	11,0	3,05	1,51	17,4	1,90	4,54	2,59	0,97
50×50×6		6			5,69	4,47	1,45		2,04	1,77	12,8	3,61	1,50	20,4	1,89	5,33	2,61	0,97
50×50×7		7			6,56	5,15	1,49		3,10	1,78	14,6	4,16	1,49	23,1	1,88	6,10	2,91	0,96
60×60×5	60	5	8	4	5,82	4,57	1,64	4,24	2,32	2,11	19,4	4,45	1,82	30,7	2,30	8,02	3,45	1,17
60×60×6		6			6,91	5,42	1,69		2,39	2,11	22,8	5,29	1,82	36,2	2,29	9,43	3,95	1,17
60×60×8		8			9,03	7,09	1,77		2,50	2,14	29,2	6,89	1,80	46,2	2,26	12,1	4,86	1,16
60×60×10		10			11,10	8,69	1,85		2,61	2,17	34,9	8,41	1,78	55,1	2,23	14,8	5,67	1,16
70×70×6	70	6	9	4,5	8,13	6,38	1,93	4,95	2,73	2,46	36,9	7,27	2,13	53,5	2,68	15,2	5,59	1,37
70×70×7		7			9,40	7,38	1,97		2,79	2,47	42,4	8,41	2,12	67,1	2,67	17,5	6,27	1,36
70×70×8		8			10,60	8,36	2,01		2,85	2,49	47,5	9,52	2,11	75,3	2,66	19,7	6,91	1,36
70×70×9**		9			11,90	9,34	2,05		2,90	2,50	52,6	10,6	2,10	83,1	2,64	22,0	7,59	1,36
70×70×10		10			13,10	10,3	2,09		2,96	2,52	57,2	11,7	2,09	90,5	2,63	23,9	8,09	1,35
80×80×6	80	6	10	5	9,35	7,36	2,17	5,66	3,07	2,82	55,8	9,57	2,44	88,5	3,08	23,1	7,55	1,56
80×80×8		8			12,30	9,63	2,26		3,19	2,82	72,2	12,6	2,43	115	3,06	29,8	9,36	1,55
80×80×10		10			15,10	11,9	2,34		3,30	2,85	87,5	15,4	2,11	139	3,03	36,3	11,0	1,55

90×90×8	90	8	11	5,5	13,90	10,9	2,50	6,36	3,53	3,17	104,0	16,1	2,74	166	3,45	43,1	12,2	1,76
90×90×9		9			15,50	12,2	2,54		3,59	3,18	116,0	18,0	2,74	184	3,45	47,8	13,3	1,76
90×90×10*		10			17,10	13,4	2,58		3,65	3,26	129,0	21,1	2,74	204	3,43	52,5	14,4	1,75
90×90×11		11			18,70	14,7	2,62		3,70	3,21	138,0	21,6	2,72	218	3,41	57,1	15,4	1,75
100×100×8	100	8	12	6	15,5	12,2	2,74	7,07	3,87	3,52	145	19,9	3,06	230	3,85	59,8	15,4	1,96
100×100×10		10			19,2	15,0	2,82		3,90	3,54	177	24,6	3,04	280	3,83	72,9	18,3	1,95
100×100×12		12			22,7	17,8	2,90		4,11	3,57	207	29,1	3,02	328	3,80	85,7	20,9	1 94
120×120×10	120	10	13	6,5	23,2	18,2	3,31	8,49	4,69	4,23	313	36,0	3,67	497	4,63	129	27,5	2,36
120×120×12		12			27,5	21,6	3,40		4,80	4,26	368	42,7	3,65	584	4,60	151	31,5	2,35
130×130×12	130	12	14	7	30,0	23,6	3,64	9,19	5,15	4,60	472	50,4	3,97	750	5,00	194	37,7	2,54
130×130×14		14			34,7	27,2	3,72		5,26	4,63	540	58,2	3,94	857	4,97	223	42,4	2,53
130×130×16		16			39,3	30,9	3,80		5,37	4,66	605	65,8	3,92	959	4,94	251	46,7	2,52
140×140×12	140	12	15	7,5	32,5	25,5	3,90	9,90	5,50	5,04	602	59,7	4,31	957	5,43	248	44,9	2,76
140×140×14		14			37,6	29,4	3,98		5,61	5,07	689	68,8	4,30	1 094	5,42	284	50,5	2,74
140×140×16		16			42,2	37,3	4,20		5,90	5,09	772	79,1	4,28	1 230	5,40	314	61,5	2,72
150×150×12*	150	12	16	8	34,8	27,3	4,12	10,6	5,83	5,29	737	67,7	4,60	1 170	5,80	303	52,0	2,95
150×150×14		14			40,3	31,6	4,21		5,95	5,31	845	78,2	4,58	1 340	5,77	347	58,3	2,94
150×150×16		16			45,7	35,9	4,29		6,07	5,34	949	88,7	4,56	1 510	5,74	391	64,4	2,93
150×150×18		18			51,0	40,1	4,37		6,17	5,38	1 050	99,3	4,54	1 670	5,71	435	70,4	2,92
160×160×12	160	12	17	8,5	37,4	29,7	4,39	11,3	6,19	5,74	913	78,6	4,94	1 450	6,23	376	60,5	3,17
160×160×14		14			43,3	34,0	4,47		6,30	5,77	1 046	90,8	4,92	1 662	6,20	431	68,1	3,16
160×160×16		16			49,1	38,5	4,55		6,42	5,79	1 175	103	4,89	1 866	6,17	485	75,3	3,14
160×160×18		18			54,8	43,0	4,63		6,53	5,82	1 299	114	4,87	2 061	6,13	537	82,1	3,13

* Se laminează în limita posibilităților uzinelor producătoare.
** Se livrează numai pentru podurile metalice de cale ferată.

Conform STAS 425-70	OȚEL CORNIER CU ARIPI NEEGALE Dimensiuni, mase, mărimi statice	Lungimi fixe 4—12 m	Calități : OL 37	Exemplu de notare pe desen : pentru $a=80$; $b=65$; $g=10$ $l=975$ mm : LL 80×65×10...975

I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i=\sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de girație
} raportate la axa de încovoiere respectivă

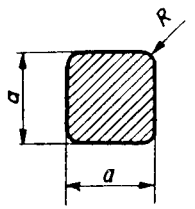


Denumirea cornierei LL	Dimensiunile secțiunii, mm					Aria secțiunii A, cm²	Masa G kg/m	Distanța axelor, cm							Unghiul de înclinare a axelor tg α	Mărimile statice pentru axele de încovoiere									
																$x-x$			$y-y$			$u-u$		$v-v$	
	a	b	g	r	r_1			e_x	e_1	w_1	w_1^*	v_1	v_2	v_3		I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	I_u cm⁴	i_u cm	I_v cm⁴	i_v cm
30×20×3*	30	20	3	3,5	2	1,43	1,12	0,99	0,50	2,05	1,51	0,86	1,04	0,56	0,427	1,25	0,62	0,93	0,44	0,29	0,55	1,43	1,00	0,26	0,42
30×20×4*			4			1,86	1,46	1,03	0,54	2,02	1,52	0,91	1,04	0,58	0,427	1,59	0,81	0,92	0,55	0,38	0,55	1,81	0,99	0,33	0,42
40×20×3*	40	20	3	3,5	2	1,73	1,36	1,42	0,44	2,61	1,77	0,79	1,19	0,46	0,257	2,80	1,09	1,27	0,47	0,30	0,52	2,96	1,31	0,31	0,42
40×20×4*			4			2,26	1,77	1,47	0,48	2,58	1,80	0,83	1,17	0,50	0,252	3,59	1,42	1,26	0,60	0,39	0,51	3,80	1,30	0,39	0,42
45×30×4*	45	30	4	4,5	2	2,86	2,24	1,48	0,74	3,06	2,23	1,21	1,58	0,80	0,434	5,77	1,91	1,42	2,05	0,91	0,85	6,63	1,52	1,19	0,65
45×30×5			5			3,52	2,76	1,52	0,78	3,01	2,26	1,27	1,58	0,83	0,429	6,98	2,35	1,41	2,47	1,11	0,84	8,00	1,51	1,45	0,64
60×30×5*	60	30	5	6	3	4,29	3,37	2,15	0,68	3,89	2,67	1,20	1,77	0,72	0,256	15,6	4,04	1,90	2,60	1,12	0,78	16,5	1,96	1,69	0,63
60×30×6*			6			5,08	4,59	2,20	0,72	3,86	2,69	1,25	1,75	0,74	0,252	18,2	4,78	1,89	3,02	1,32	0,77	19,2	1,95	1,99	0,63
60×40×5*	60	40	5	6	3	1,79	3,76	1,96	0,97	4,10	3,01	1,68	2,10	1,10	0,434	17,2	4,25	1,89	6,11	2,02	1,13	19,8	2,03	3,54	0,86
60×40×6*			6			5,68	4,46	2,00	1,01	4,08	3,02	1,72	2,10	1,12	0,431	20,1	5,03	1,88	7,12	2,38	1,12	23,1	2,02	4,15	0,86
60×40×7*			7			6,55	5,14	2,04	1,05	4,06	3,03	1,77	2,09	1,14	0,427	22,9	5,79	1,87	8,07	2,74	1,11	26,3	2,00	1,75	0,85
65×50×6	65	50	6	6,5	3,5	6,58	5,16	2,04	1,29	4,52	3,60	2,15	2,39	1,50	0,575	27,2	6,10	2,03	14,0	3,77	1,46	33,8	2,27	7,43	1,06
65×50×7			7			7,60	5,96	2,08	1,33	4,50	3,62	2,19	2,39	1,52	0,572	31,1	7,03	2,02	15,9	4,34	1,45	38,5	2,25	8,51	1,06
65×50×8			8			8,60	6,75	2,11	1,37	4,49	3,64	2,23	2,39	1,54	0,569	34,8	7,93	2,01	17,7	4,89	1,44	43,0	2,23	9,57	1,05
65×50×9			9			9,58	7,52	2,15	1,49	4,48	3,63	2,28	2,36	1,57	0,567	38,2	8,77	2,00	19,4	5,39	1,42	47,0	2,25	10,5	1,05
75×50×7*	75	50	7	6,5	3,5	8,31	6,53	2,48	1,25	5,10	3,77	2,13	2,63	1,38	0,433	46,1	9,24	2,36	16,5	4,39	1,41	53,3	2,53	9,57	1,07
80×60×7*	80	60	7	8	4	9,38	7,36	2,51	1,52	5,55	3,79	2,17	2,92	1,40	0,546	59,0	10,7	2,51	28,4	6,34	1,74	72,0	2,77	15,4	1,28
80×65×6	80	65	6	8	4	8,41	6,60	2,39	1,65	5,61	4,63	2,69	2,94	2,01	0,649	52,8	9,41	2,51	31,2	6,44	1,93	68,5	2,85	15,6	1,35
80×65×8			8			11,0	8,66	2,47	1,73	5,59	4,65	2,79	2,94	2,05	0,645	68,1	12,3	2,49	40,1	8,41	1,91	88,0	2,82	20,3	1,36
80×65×10			10			13,6	10,7	2,55	1,81	5,56	4,68	2,90	2,95	2,11	0,640	82,2	15,1	2,46	48,3	10,3	1,89	10,6	2,79	24,8	1,35
90×60×6*	90	60	6	7	3,5	8,69	6,82	2,89	1,41	6,14	4,50	2,46	3,16	1,60	0,442	71,7	11,7	2,87	25,8	5,61	1,72	82,8	5,09	14,6	1,30
90×60×8*			8			11,4	8,96	2,97	1,49	6,11	4,54	2,56	3,15	1,69	0,437	92,5	15,4	2,85	33,0	7,31	1,70	107	3,06	19,0	1,29
100×50×8*	100	50	8	9	4,5	11,4	8,99	3,59	1,12	6,49	4,44	2,00	2,96	1,18	0,257	116	18,1	3,18	19,5	5,04	1,31	123	3,28	12,7	1,05
100×50×10*			10			14,1	11,1	3,67	1,20	6,43	4,40	2,08	2,93	1,22	0,253	141	22,2	3,16	23,4	6,17	1,29	149	3,25	15,4	1,05
100×75×7	100	75	7	10	5	11,9	9,32	3,06	1,83	6,96	5,42	3,10	3,61	2,18	0,553	118	17,0	3,15	56,9	10,0	2,19	145	3,49	30,1	1,59
100×75×9			9			15,1	11,8	3,15	1,91	6,91	5,45	3,22	3,63	2,22	0,549	148	21,5	3,13	71,0	12,7	2,17	181	3,47	37,8	1,59
100×75×11			11			18,2	14,3	3,23	1,99	6,87	5,49	3,32	3,65	2,27	0,545	176	25,9	3,11	84,0	15,3	2,15	214	3,44	45,4	1,58
120×80×8*	120	80	8	11	5,5	15,5	12,2	3,83	1,87	8,23	5,99	3,27	4,23	2,16	0,437	226	27,6	3,82	80,8	13,2	2,28	260	4,10	46,6	1,73
120×80×10*			10			19,1	15,0	3,92	1,95	8,18	6,03	3,37	4,21	2,19	0,435	276	34,1	3,80	98,1	16,2	2,26	317	4,07	56,8	1,72
120×80×12*			12			22,7	17,8	4,00	2,03	8,14	6,06	3,46	4,20	2,25	0,432	323	40,4	3,77	114	19,1	2,24	371	4,04	66,6	1,71
150×90×10*	150	90	10	12,5	6,5	23,2	18,2	5,00	2,04	10,1	7,05	3,60	5,03	2,24	0,360	533	53,3	4,80	146	21,0	2,51	591	5,05	88,3	1,95
150×90×12*			12			27,5	21,6	5,08	2,12	10,1	7,10	3,70	5,00	2,30	0,358	627	63,3	4,77	171	24,8	2,49	694	5,02	104	1,94
150×100×10*	150	100	10	13	6,5	24,2	19,0	4,80	2,34	10,3	7,50	4,10	5,25	2,68	0,442	552	54,1	4,78	198	25,8	2,86	637	5,13	112	2,15
150×100×12*			12			28,7	29,6	4,89	2,42	10,2	7,53	4,19	5,24	2,73	0,439	650	64,2	4,76	232	30,6	2,84	749	5,10	132	2,15
150×100×14*			14			33,2	26,1	4,97	2,50	10,2	7,56	4,28	5,23	2,77	0,435	744	74,1	4,73	264	35,2	2,82	856	5,07	152	2,14

* Se laminează în limita posibilităților uzinelor producătoare.

Tabelul 1.19

OȚEL PĂTRAT **Dimensiuni și greutăți**	Conform STAS 334-74



$R \leqslant 0{,}15\,a$ pentru secțiuni cu $a \geqslant 80$ mm

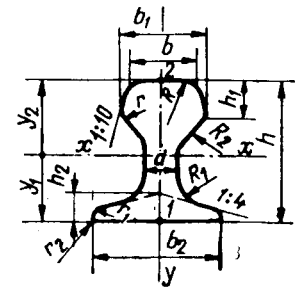
a		Aria secțiunii A	Masa teoretică	R maxim
Nominal mm	Abateri limită mm	cm²	kg/m	mm
8		0,64	0,502	
9		0,81	0,636	
10		1,00	0,785	1,0
11		1,21	0,950	
12	+0,3	1,44	1,13	
13	−0,5	1,69	1,33	
14		1,96	1,54	
15		2,25	1,77	
16		2,56	2,01	1,5
18		3,24	2,54	
19		3,61	2,83	
20		4,00	3,14	
22	+0,4 −0,5	4,84	3,80	
25		6,25	4,91	2,0
26		6,76	5,31	
28		7,84	6,15	
30		9,00	7,07	
32	+0,5	10,24	8,04	
35	−0,7	12,25	9,62	
38		14,44	11,3	3,0
40		16,00	12,6	
45		20,25	13,9	
50	+0,6	25,00	19,6	4,0
55	−1,0	30,25	23,7	
60	+0,7	36,00	28,3	5,0
70	−1,1	49,00	38,5	
80	+0,7	64,00	50,2	6,0
90	−1,3	81,00	63,6	
100	+0,8 −1,7	100,00	78,5	7,0
120		144,00	113,0	
130	+0,8 −2,0	169,00	133,0	9,0
140		196,00	151,0	

Lungimi fixe : 2—6 m	Calități STAS 500-76	Exemplu de notare pe desen : pentru a=25 mm ; l=2 000 mm □ 25...2 000

Tabelul 1.20

ȘINĂ DE RULARE KP	Conform : GOST 4121-62

h — înălțimea șinei
b — lățimea ciupercii șinei
b_2 — lățimea tălpii șinei
d — grosimea inimii șinei
I_x, I_y — momente de inerție
W_{x1}, W_{x2}, W_{y3} — module de rezistență } în fibrele *1*, *2* și *3* de pe secțiune
A — aria secțiunii transversale
G — masa pe metru
R, R_1, R_2, r, r_1, r_2 — raze de curbură și de racordare



Tipul șinei	Dimensiuni geometrice, mm și nase, kg/m													
	a	b_1	b_2	d	h	h_1	h_2	R	R_1	R_2	r	r_1	r_2	G kg/m
KP 50	50	55	90	20	90	25	20	300	18	26	6	5	1,5	29,85
KP 60	60	65,5	105	24	105	27,5	22	350	20	32	6	5	1,5	40,03
KP 70	70	76,5	120	28	120	32,5	24	400	23	38	6	6	1,5	52,83
KP 80	80	87	130	32	130	35	26	400	26	44	8	6	1,5	63,69
KP 100	100	108	150	38	150	40	30	450	30	50	8	8	2	88,96
KP 120	120	129	170	44	170	45	35	500	34	50	8	8	2	118,10
KP 140	140	150	190	50	190	50	40	500	40	50	8	8	2	153,49

Tipul șinei	Mărimi statice							
	Aria secțiunii A cm²	Distanțele de la axa neutră la fibrele extreme, cm		Momentele de inerție cm⁴		Modulele de rezistență în fibrele extreme cm³		
		y_1	y_2	I_x	I_y	$W_{x1}=I_x/y_1$	$W_{x2}=I_x/y_2$	$W_{y3}=I_y/0{,}5b_2$
KP 50	38,02	4,32	4,68	358	111	83	76	28
KP 60	50,99	4,83	5,67	655	196	136	115	34
KP 70	67,30	5,93	6,07	1 082	327	182	178	55
KP 80	81,13	6,43	6,57	1 547	482	241	236	74
KP 100	113,32	7,60	7,48	2 865	941	377	387	125
KP 120	150,44	8,43	8,57	4 924	1 695	584	574	199
KP 140	195,53	9,84	9,16	7 427	2 483	755	811	261

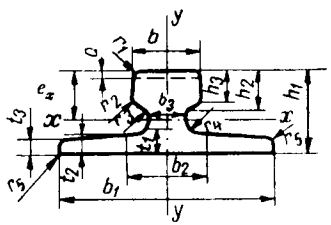
Lungimi fixe : 6—12 m	Calități : GOST 4121-62 Oțel cu $\sigma_r \geqslant$ $\geqslant$60 daN/mm²	Exemplu de notare : pentru șină cu lățimea ciupercii b=100 mm, înălțimea h=150 mm și lungimea l=6 000 mm ; ȘINĂ DE RULARE KP 100, ..., 6 000- GOST 4121-62

Tabelul 1.21

ȘINĂ DE RULARE TIP A

Conform : DIN 536 BL. 1
DIN 17100

h_1 — înălțimea șinei
b — lățimea ciupercii șinei
b_1 — lățimea tălpii șinei
b_3 — grosimea inimii șinei
A — aria secțiunii transversale
I_x, I_y — momente de inerție
W_x, W_y — module de rezistență în fibrele extreme
G — masa pe metru
t_1, t_2, t_3, r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 — grosimi și raze de racordare



Tipul șinei	Dimensiuni geometrice, mm															Vechea notație a șinelor
	b	b_1	b_2	b_3	t_1	t_2	t_3	h_1	h_2	h_3	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	
A 45	45	125	54	24	14,5	11	8	$55^{\pm1}$	24	20	4	3	4	5	4	KS 22
A 55	55	150	66	31	17,5	12,5	9	$65^{\pm1}$	28,5	25	5	5	5	6	5	KS 32
A 65	65	175	78	38	20	14	10	$75^{\pm1}$	34	30	6	5	5	6	5	KS 43
A 75	75	200	90	45	22	15,4	11	$85^{\pm1}$	39,5	35	8	6	6	8	6	KS 56
A 100	100	200	100	60	23	16,5	12	$95^{\pm1,5}$	45,5	40	10	6	6	8	6	KS 75
A 120	120	220	120	72	30	20	14	$105^{\pm1,5}$	55,5	47,5	10	6	10	10	6	KS 101

Tipul șinei	Mărimi statice													Masa kg/m
	Pentru șina nouă						Pentru șina uzată la care uzura a poate ajunge pînă la 25% din înălțimea capului h_3							
			Axele de încovoiere											
			$x-x$		$y-y$									
	A cm²	e_x cm	I_x cm⁴	W_x cm³	I_y cm⁴	W_y cm³	a mm	A_a cm²	e_{xa} cm	I_{xa} cm⁴	W_{xa} cm³	I_{ya} cm⁴		
A 45	28,3	3,31	91	**27,5**	169	27,0	5	26,1	3,07	68,1	22,1	165		22,2
A 55	40,7	3,88	182	**46,9**	**337**	44,9	6	37,4	3,60	136	37,8	328		32,0
A 65	55,4	4,44	327	**73,7**	**609**	69,6	7	50,9	4,11	244	59,4	593		43,5
A 75	72,1	5,00	545	109	1 010	101	8	66,1	4,62	406	88,0	985		56,6
A 100	95,6	5,21	888	170	1 360	136	10	85,6	4,76	642	135	1 270		75,2
A 120	129	5,70	1 420	249	2 370	215	12	115	5,15	992	193	2 190		101,3

Lungimi fixe
4—12 m

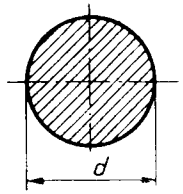
Calități :
DIN 17100
Oțel cu $\sigma_r \geqslant$ $\geqslant$60 daN/mm²

Exemplu de notare :
pentru șină cu înălțimea h=75 mm, lățimea ciupercii b=65 mm și lungimea l=4 500 mm
ȘINĂ DE RULARE A 65,..., 4 500-DIN 536 BL 1

Tabelul 1.22

OȚEL ROTUND
Diametre, secțiuni și mase

Conform
STAS 333-71



Diametrul d mm	Abateri limită mm	Aria secțiunii A cm²	Masa teoretică kg/m	Diametrul d mm	Abateri limită mm	Aria secțiunii A cm²	Masa teoretică kg/m
12		1,13	0,89	60		28,3	22,2
13		1,33	1,04	(63)		31,2	24,5
14		1,54	1,21	65	+0,8	33,2	26,1
15		1,77	1,39	70	−1,1	38,5	30,2
16		2,01	1,58	75		44,2	34,7
17	+0,4	2,27	1,78	80		50,3	39,5
18	−0,5	2,54	2,00	85	+0,8	56,7	44,5
19		2,84	2,23	90	−1,3	63,6	49,5
20		3,14	2,47	95		70,9	55,6
21		3,46	2,72				
22		3,80	2,98	100		78,5	61,1
(23)		4,15	3,26	(105)	+1,2	86,6	68,0
24		4,52	3,55	110	−1,7	95,0	74,6
25		4,91	3,85	115		104	81,5
26		5,31	4,17	120		113	88,8
27		5,73	4,49	(125)		123	96,3
28		6,16	4,83	130	+1,4	133	104
(29)		6,60	5,18	(135)	−2,0	143	112
30		7,07	5,55	140		154	121
32		8,01	6,31	(145)		165	130
34	+0,5	9,08	7,13	150		177	139
35	−0,7	9,62	7,55	(155)		189	148
36		10,2	7,99	160		201	158
38		11,3	8,90	170	+1,7	227	178
40		12,6	9,89	180	−2,5	254	200
42		13,9	10,9	190		284	223
45		15,9	12,5	200		314	247
48		18,1	14,5	210		346	272
50		19,6	15,4	220		380	298
(52)		21,2	16,7	230	+2,5	415	316
53	+0,7	22,1	17,3	240	−3,0	452	355
(55)	−1,0	23,8	18,7	250		491	385
56		24,6	19,3	270		572	449
(58)		26,4	20,7	300		706	555

Lungimi fixe :
2—6 m

Calitate :
STAS 500-76

Exemplu de notare pe desen :
pentru d=20 mm ; l=5 000 mm
Ø 20...5 000

Tabelul 1.23

Conform STAS 404/1,2-71 (extras)	**ȚEVI DIN OȚEL FĂRĂ SUDURĂ LAMINATE LA CALD** **Dimensiuni, valori statice**	Lungimi fixe : 4—12,5 m	Calități : STAS 2881-74	Exemplu de notare pe desen : pentru $D=60$; $t=6$ mm ; $l=7\,520$ mm Țeavă $60\times6\ldots7\,520$

$A=(D^2-d^2)\,\frac{\pi}{4}$ — aria secțiunii

$I=(D^4-d^4)\,\frac{\pi}{64}$ — momentul de inerție

$W=\frac{2I}{D}=(D^4-d^4)\,\frac{\pi}{32D}$ — modulul de rezistență

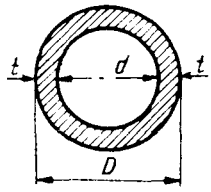
$i=\sqrt{\frac{I}{A}}=\frac{1}{4}\sqrt{D^2+d^2}$ — raza de giratie

$G=A\times1\times\gamma$, masa pe metru

pentru A în cm² ; $l=1$ m = 100 cm și

$\gamma=7{,}85$ kg/dm³ = 0,00785 kg/cm³

$G=A\cdot100\cdot0{,}00785=A\cdot0{,}785$ (kg/m)



Diametrul exterior D mm	A (cm²), I (cm⁴)	Grosimea peretelui t, mm																	
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	14	16	18	20
		Mărimile statice A (cm²) și I (cm⁴)																	
42	A	3,10	3,68	4,23	4,78	5,30	5,81	6,31	6,79	7,70	8,56	9,33	10,0	—	—	—	—	—	—
	I	6,07	7,03	7,91	8,71	9,45	10,1	10,7	11,3	12,3	13,0	13,7	14,1	—	—	—	—	—	—
(44,5)	A	3,30	3,91	4,51	5,09	5,65	6,20	6,74	7,26	8,25	9,17	10,0	10,8	—	—	—	—	—	—
	I	7,30	8,46	9,54	10,5	11,5	12,3	13,1	13,8	15,0	16,0	16,8	17,5	—	—	—	—	—	—
48	A	3,57	4,24	4,89	5,53	6,15	6,75	7,34	7,92	9,02	10,0	11,0	11,2	—	—	—	—	—	—
	I	9,28	10,8	12,2	13,5	14,7	15,8	16,9	17,8	19,5	20,9	22,1	23,0	—	—	—	—	—	—
51	A	3,81	4,52	5,22	5,91	6,57	7,23	7,86	8,48	9,68	10,8	11,9	12,9	13,8	14,7	—	—	—	—
	I	11,2	13,1	14,8	16,4	17,9	19,3	20,6	21,9	24,0	25,8	27,4	28,7	29,7	30,6	—	—	—	—
54	A	—	4,81	5,55	6,28	7,00	7,70	8,38	9,05	10,3	11,6	12,7	13,8	14,9	15,8	—	—	—	—
	I	—	15,7	17,8	19,8	21,6	23,3	25,0	26,5	29,2	31,5	33,5	35,1	36,6	37,7	—	—	—	—
57	A	—	5,09	5,88	6,66	7,42	8,17	8,90	9,61	11,0	12,3	13,6	14,7	15,9	16,9	—	—	—	—
	I	—	18,6	21,1	23,5	25,8	27,9	29,8	31,7	35,0	37,9	40,5	42,6	44,4	56,0	—	—	—	—
60	A	—	5,37	6,21	7,04	7,85	8,64	9,42	10,2	11,7	13,1	14,4	15,7	17,0	18,1	20,3	—	—	—
	I	—	21,9	24,9	27,7	30,4	32,9	35,3	37,6	41,6	45,2	48,3	51,0	53,4	55,4	58,5	—	—	—
63,5	A	—	5,70	6,60	7,48	8,34	9,19	10,0	10,8	12,4	13,9	15,4	16,8	18,2	19,4	20,7	—	—	—
	I	—	26,2	29,8	33,2	36,5	39,6	42,5	45,3	50,3	54,8	58,8	62,2	65,2	67,9	70,1	—	—	—
70	A	—	6,31	7,31	8,29	9,26	10,2	11,1	12,1	13,9	15,6	17,2	18,8	20,4	21,9	23,3	24,6	—	—
	I	—	35,5	40,5	45,3	49,9	54,2	58,4	62,3	69,6	76,1	82,0	87,2	91,8	96,0	99,6	103	—	—
	A	—	6,60	7,64	8,67	9,68	10,7	11,7	12,6	14,5	16,3	18,1	19,8	21,4	23,0	26,0	28,7	31,1	—
	I	—	40,5	46,3	51,8	57,0	62,1	66,9	71,4	79,9	87,6	94,5	101	106	111	119	125	130	—
	A	—	6,88	7,97	9,05	10,1	11,2	12,2	13,2	15,2	17,1	18,9	20,7	22,5	24,1	27,3	30,2	32,8	—
	I	—	45,9	52,5	58,8	64,9	70,6	76,1	81,4	91,2	100	108	115	122	128	138	146	151	—
83	A	—	—	8,74	9,93	11,1	12,3	13,4	14,5	16,7	18,8	20,9	22,9	24,9	26,8	30,3	33,7	36,8	—
	I	—	—	69,2	77,6	85,8	93,6	101	108	122	134	145	156	165	174	188	200	209	—
89	A	—	—	9,40	10,7	11,9	13,2	14,4	15,6	18,0	20,4	22,6	24,8	27,0	29,0	33,0	36,7	40,1	43,3
	I	—	—	86,1	96,7	107	117	126	135	153	169	183	197	209	220	240	256	269	280
95	A	—	—	10,1	11,4	12,8	14,1	15,5	16,8	19,4	21,9	24,3	26,7	29,0	31,3	35,6	39,7	43,6	47,1
	I	—	—	105	119	131	144	155	167	189	209	227	245	260	275	301	323	341	255
102	A	—	—	10,8	12,3	13,8	15,2	16,7	18,1	20,9	23,6	26,3	28,9	31,4	33,9	38,7	43,2	47,5	51,5
	I	—	—	132	148	164	180	195	209	237	263	287	309	330	350	384	413	438	458
108	A	—	—	—	13,1	14,6	16,2	17,7	19,2	22,2	25,1	28,0	30,8	33,5	36,2	41,3	46,2	50,9	55,3
	I	—	—	—	177	196	215	233	251	285	316	346	373	399	423	467	504	536	563
114	A	—	—	—	13,8	15,5	17,1	18,8	20,4	23,5	26,6	29,7	32,7	35,6	38,5	43,4	49,3	54,3	59,1
	I	—	—	—	209	232	255	277	298	338	376	412	446	477	508	561	607	674	682
121	A	—	—	—	14,7	16,5	18,2	20,0	21,7	25,1	28,4	31,7	34,9	38,0	41,1	47,1	52,8	58,2	63,5
	I	—	—	—	252	280	307	334	356	409	456	500	541	581	618	685	744	796	841

Tabelul 1.23 (continuare)

Diametrul exterior D mm	A (cm²) I (cm⁴)	Grosimea peretelui t, mm																	
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	14	16	18	20
		Mărimile statice A (cm²) și I (cm⁴)																	
127	A	—	—	—	15,5	17,3	19,2	21,0	22,8	26,4	29,9	33,4	36,8	40,1	43,4	49,7	55,8	61,6	67,2
	I	—	—	—	293	325	357	388	418	477	532	584	634	680	725	806	877	940	996
133	A	—	—	—	16,2	18,2	20,1	22,0	23,9	27,7	31,4	35,1	38,6	42,2	45,6	52,3	58,8	65,8	71,0
	I	—	—	—	338	375	412	448	484	552	616	677	736	791	843	939	1 030	1 101	1 169
140	A	—	—	—	—	19,2	21,2	23,2	25,3	29,3	33,2	37,0	40,8	44,6	48,3	55,4	62,3	69,0	75,4
	I	—	—	—	—	440	484	527	568	649	725	798	868	934	997	1 114	1 218	1 312	1 395
146	A	—	—	—	—	20,0	22,1	24,3	26 4	30,6	34,7	38,7	42,7	46,7	50,5	58,1	65,3	72,4	79,2
	I	—	—	—	—	501	551	600	648	740	828	913	993	1 070	1 140	1 280	1 400	1 511	1 610
152	A	—	—	—	—	20,9	23,1	25,3	27,5	31,9	36,2	40,4	44,6	48,7	52,8	60,7	68,4	75,8	82,9
	I	—	—	—	—	568	624	680	735	840	941	1 040	1 130	1 220	1 300	1 460	1 600	1 730	1 848
(159)	A	—	—	—	—	21,8	24,2	26,5	28,8	33,4	38,0	42,4	46,8	51,1	55,4	63,8	71,9	79,7	87,3
	I	—	—	—	—	652	718	782	845	967	1 080	1 200	1 300	1 410	1 510	1 690	1 860	2 010	2 153
168	A	—	—	—	—	—	25,6	28,1	30,5	35,4	40,2	45,0	49,6	54,3	58,8	67,7	76,4	84,8	93,0
	I	—	—	—	—	—	851	928	1 003	1 149	1 290	1 425	1 555	1 680	1 799	2 024	2 231	2 420	2 592
178	A	—	—	—	—	—	27,1	29,8	32,4	37,6	42,7	47,7	52,7	57,7	62,5	72,1	81,4	90,4	99,2
	I	—	—	—	—	—	1 018	1 110	1 211	1 377	1 547	1 711	1 869	2 021	2 167	2 443	2 698	2 932	3 148
194	A	—	—	—	—	—	29,7	32,6	35,4	41,1	46,7	52,3	57,8	63,2	68,7	79,2	89,5	99,5	109
	I	—	—	—	—	—	1 326	1 448	1 567	1 800	2 025	2 243	2 453	2 657	2 853	3 226	3 572	3 894	4 192

Diametrul exterior D mm	A (cm²) I (cm⁴)	Grosimea peretelui t, mm																		
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10	11	12	14	16	18	20	22	25	30
		Mărimile statice A (cm²) I (cm⁴)																				
203	A	—	—	—	—	—	—	—	—	43,1	49,0	54,9	60,6	66,4	72,0	83,1	94,0	105,0	115,0	125,0	140,0	163,0
	I	—	—	—	—	—	—	—	—	2 073	2 333	2 586	2 831	3 068	3 297	3 732	4 139	4 518	4 871	5 199	5 646	6 283
219	A	—	—	—	—	—	—	—	—	46,6	53,0	59,4	65,7	71,9	78,0	90,2	1 020	114,0	125,0	136,0	152,0	178,0
	I	—	—	—	—	—	—	—	—	2 623	2 956	3 280	3 594	3 899	4 194	4 759	5 289	5 787	6 253	6 688	7 288	8 155
245	A	—	—	—	—	—	—	—	—	52,3	59,6	66,7	73,8	80,9	87,8	102,0	115,0	128,0	141,0	154,0	173,0	203,0
	I	—	—	—	—	—	—	—	—	3 709	4 187	4 652	5 105	5 547	5 976	6 801	7 582	8 320	9 017	9 674	10 588	11 936
273	A	—	—	—	—	—	—	—	—	58,5	66,6	74,6	82,6	90,5	98,4	114,0	129,0	144,0	159,0	173,0	195,0	229,0
	I	—	—	—	—	—	—	—	—	5 177	5 852	6 510	7 154	7 783	8 396	9 580	10 707	11 779	12 795	13 767	15 127	17 162
299	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	73,1	82,0	90,8	99,5	108,0	125,0	142,0	159,0	175,0	191,0	215,0	254,0
	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7 747	8 628	9 490	10 334	11 159	12 758	14 286	15 748	17 144	18 477	20 363	23 217
325	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	79,7	89,4	99,0	109,0	118,0	137,0	155,0	174,0	192,0	209,0	236,0	278,0
	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10 014	11 161	12 286	13 390	14 471	16 571	18 587	20 523	22 380	24 160	26 691	30 557

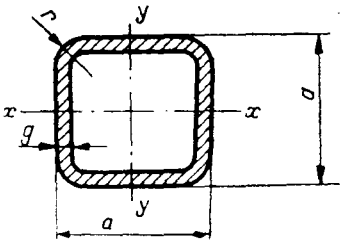
Observații: — Dimensiunile de țevi ale căror mărimi statice nu sînt încadrate în chenar se execută numai la înțelegere între producător și beneficiar.
— Dimensiunile din paranteză se vor executa la înțelegere între producător și beneficiar.
— Dimensiunile care nu se folosesc în mod curent în construcții nu sînt trecute în tabel.

Tabelul 1.24

Conform STAS 6086-70 (Extras)	**ȚEVI PROFILATE DIN OȚEL FĂRĂ SUDURĂ. ȚEVI PĂTRATE. Dimensiuni, mase, mărimi statice**	Lungimi fixe: 3—7 m	Calități: STAS 2881-74	Exemplu de notare pe desen pentru $a=60$, $g=6$ mm; $l=700$ mm: Țeavă pătrată $60\times6\ldots700$

r=max. 1,5 g pentru țevi trase la rece (TR)

$r=1{,}5\,g\ldots2\,g$ pentru țevi laminate la cald (L)



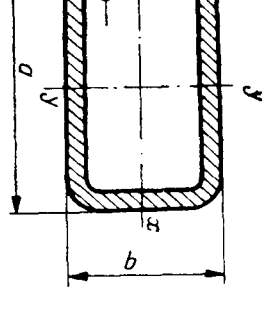
Dimensiuni, mm		Masa kg/m	Mărimi statice		Aria secțiunii A cm²	Execuție
a	g		$I_x=I_y$ cm⁴	$W_x=W_y$ cm³		
20	1	0,587	0,458	0,458	0,748	TR
	1,5	0,850	0,637	0,637	1,08	
30	2,5	2,10	3,50	2,33	2,68	TR
	3	2,46	3,99	2,66	3,13	
35	2,5	2,49	5,76	3,29	3,17	TR
	3	2,93	6,61	3,78	3,73	
	3,5	3,36	7,39	4,22	4,28	
	4	3,74	8,08	4,62	4,76	
38	2,5	2,86	7,42	3,90	3,64	TR
	3	3,40	8,57	4,53	4,33	
	3,5	3,92	9,63	5,07	4,99	
	4	4,45	10,50	5,55	5,67	
40	2,5	2,89	8,83	4,41	3,68	TR
	3	3,40	10,20	5,10	4,33	
	3,5	3,90	11,50	5,73	4,97	
	4	4,37	12,60	6,30	5,57	
42	2,5	3,04	10,30	4,91	3,87	TR
42	3	3,59	11,9	5,68	4,57	TR
	3,5	4,12	13,1	6,39	5,25	TR sau L
	4	4,62	14,8	7,05	5,89	
	5	5,57	17,2	8,19	7,10	
	6	6,44	19,2	9,13	8,20	L
45	3,5	4,45	16,8	7,47	5,67	TR
	4	5,00	18,6	8,25	6,37	
(50)	4	5,63	26,2	10,5	7,17	TR
	5	6,83	30,8	12,3	8,70	
55	4	6,26	35,6	12,9	7,97	TR
	5	7,61	42,1	15,3	9,69	
60	4	6,88	47,1	15,7	8,76	TR sau L
	5	8,40	55,9	18,6	10,70	
	6	9,84	63,8	21,3	12,54	
	7	11,19	70,7	23,6	14,25	L
(65)	4	7,51	60,8	18,7	9,57	L
	5	9,19	72,3	22,3	11,71	
(65)	6	10,78	83,0	25,5	13,73	L
	7	12,29	92,4	28,4	15,66	
(75)	4	8,77	95,8	25,5	11,17	L
	5	10,75	114,9	30,6	13,69	
	6	12,66	132,4	35,3	16,13	
	7	14,48	148,2	39,5	18,45	
	8	16,23	162,7	43,4	20,67	
80	4	9,40	117,4	29,4	11,97	L
	5	11,54	141,2	35,3	14,70	
	6	13,60	163,2	40,8	17,32	
	7	15,58	183,2	45,8	19,85	
	8	17,48	201,5	50,4	22,27	
85	8	19,35	247,0	58,0	24,65	L
(100)	5	14,68	286,6	57,3	18,70	L
	6	17,37	333,6	66,7	22,13	
	7	19,98	377,5	75,5	25,45	
	8	22,51	418,4	83,7	28,68	

Tabelul 1.25

ȚEVI PROFILATE DIN OȚEL FĂRĂ SUDURĂ, ȚEVI DREPTUNGHIULARE
Dimensiuni, mase, valori statice

Conform STAS 6086-70

r=max. 1,5 g pentru țevi trase la rece (TR)
$r=1{,}5\,g\ldots2\,g$ pentru țevi laminate la cald (L)



Dimensiuni			Masa G kg/m	Momentul de inerție cm⁴		Modulul de rezistență cm³		Aria secțiunii A cm²
a	b	g		I_x	I_y	W_x	W_y	
30	18	2	1,48	0,865	2,000	0,960	1,330	1,89
		2,5	1,80	0,910	2,360	1,110	1,570	2,29
		3	2,07	1,115	2,670	1,240	1,780	2,61
		3,5	2,39	1,200	2,930	1,310	1,950	3,04
	20	2	1,48	1,115	2,150	1,150	1,430	1,89
		2,5	1,84	1,300	2,550	1,300	1,700	2,31
		3	2,17	1,450	2,890	1,600	1,930	2,76
		3,5	2,50	1,580	3,200	1,680	2,130	3,18
40	25	2	1,88	2,430	5,170	1,950	2,580	2,40
		2,5	2,30	2,880	6,190	2,300	3,090	2,93
		3	2,69	3,270	7,110	2,610	3,560	3,43
		3,5	3,07	3,610	7,940	2,890	3,970	3,91
		4	3,43	3,900	8,690	3,120	4,350	4,37
50	30	2	2,42	4,500	10,150	3,000	4,070	3,08
		2,5	3,08	4,370	12,200	3,590	4,910	3,92
		3	3,58	6,170	14,150	4,120	5,670	4,56
	40	2	2,74	8,750	12,500	4,380	5,000	3,49
		2,5	3,42	10,650	15,000	5,340	6,000	4,36
		3	4,05	12,250	17,500	6,130	7,000	5,16
		3,5	4,70	13,800	21,300	6,920	8,580	5,99
106	60	6	13,78	104	246,000	34,700	49,500	17,55
		7	16,85	118	305,000	39,400	55,500	21,46
		8	19,00	128	329,000	42,700	62,200	24,20
		9	21,20	137,5	356,005	45,800	67,300	27,00

Țevile până la 50×40 se execută prin tragere la rece

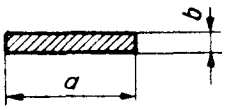
Țevile 106×60 se execută prin laminare la cald

Lungimi fixe 3—7 m	Calități STAS 2881-71	Exemplu de notare pe desen pentru $a=106$ mm; $b=60$ mm; $l=750$ mm; $g=6$ mm: Țeavă dreptunghiulară $106\times60\times6\ldots750$

Tabelul 1.26

BANDĂ DE OȚEL
Dimensiuni și mase

Conform STAS 908-69



Lățimea *a* mm	Grosimea *b*, mm																	
	1,00	1,25	1,50	1,75	1,80	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
	Masa teoretică, kg/m																	
20	0,157	0,196	0,236	0,275	—	0,314	0,353	0,393	0,432	0,471	—	0,550	—	0,628	—	—	—	—
25	0,196	0,245	0,294	0,343	—	0,393	0,442	0,491	0,540	0,589	—	0,667	—	0,785	—	—	—	—
30	0,236	0,294	0,333	0,412	—	0,471	0,530	0,589	0,648	0,707	—	0,824	—	0,942	—	—	—	—
35	0,275	0,343	0,412	0,481	—	0,550	0,618	0,687	0,756	0,824	—	0,962	—	1,099	—	—	—	—
40	0,314	0,393	0,471	0,550	—	0,628	0,706	0,785	0,864	0,942	—	1,099	—	1,256	—	—	—	—
45	—	—	0,530	0,618	—	0,707	0,795	0,883	0,971	1,060	—	1,326	—	1,413	—	—	—	—
50	—	—	0,589	0,687	—	0,785	0,883	0,981	1,079	1,178	—	1,374	—	1,570	—	—	—	—
55	—	—	0,648	0,756	—	0,864	0,971	1,079	1,187	1,295	—	1,511	—	1,727	—	—	—	—
60	—	—	0,707	0,824	—	0,942	1,060	1,178	1,295	1,413	—	1,649	—	1,884	—	—	—	—
65	—	—	0,765	0,893	—	1,021	1,148	1,276	1,403	1,531	—	1,786	—	2,041	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	1,099	1,236	1,374	1,511	1,649	—	1,923	—	2,198	—	—	—	—
75	—	—	—	—	—	1,178	1,325	1,472	1,619	1,766	—	2,061	—	2,355	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—	1,256	1,413	1,570	1,727	1,834	—	2,198	—	2,512	—	—	—	—
85	—	—	—	—	—	1,335	1,501	1,668	1,835	2,002	—	2,335	—	2,669	—	—	—	—
90	—	—	-	—	—	1,413	1,589	1,766	1,943	2,120	—	2,473	—	2,826	—	—	—	—
95	—	—	—	—	—	1,492	1,678	1,864	2,051	2,237	—	2,610	—	2,983	—	—	—	—
100	0,785	—	1,170	—	1,413	1,570	1,766	1,963	2,159	2,355	—	2,748	—	3,140	—	—	—	—
110	—	—	—	—	1,548	1,727	1,943	2,159	2,375	2,591	—	3,022	—	3,454	—	—	—	—
120	—	—	1,408	—	1,696	1,884	2,120	2,355	2,591	2,826	—	3,297	—	3,768	—	—	—	—
130	—	—	—	—	1,836	2,040	2,290	2,551	2,806	3,062	—	3,572	—	4,082	—	—	—	—
140	—	—	1,646	—	1,978	2,198	2,470	2,748	3,002	3,297	—	3,847	—	4,396	—	—	—	—
150	—	—	—	—	2,120	2,351	2,650	2,944	3,238	3,533	—	4,121	—	4,710	—	—	—	—
160	—	—	1,884	—	2,260	2,512	2,830	3,140	—	3,768	—	4,397	—	5,024	—	—	—	—
180	—	—	—	—	2,543	2,826	—	3,533	—	4,239	—	4,946	—	5,652	—	—	—	—
200	—	—	—	—	2,826	3,140	—	3,925	—	4,710	—	5,495	—	6,280	—	7,065	—	7,850
225	—	—	—	—	—	3,533	—	4,416	—	5,299	5,740	6,182	6.623	7,065	7,507	7,948	8,390	8,831
250	—	—	—	—	—	—	—	4,906	—	5,888	6,378	6,869	7,359	7,850	8,341	8,831	9,322	9,813
275	—	—	—	—	—	—	—	5,397	—	6,476	7,016	7,556	8,095	8,635	9,175	9,714	10,245	10,794
300	—	—	—	—	—	—	—	5,888	—	7,065	7,654	8,243	8,831	9,420	10,009	10,598	11,186	11,775
350	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,243	8,929	9,616	10,303	10,990	11,677	12,364	13,051	13,738
370	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,166	10,892	11,618	12,344	13,070	13,796	14,523
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,205	10,990	11,775	12,560	13,345	14,130	14,915	15,700
450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,130	15,013	15,896	16,779	17,663
500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17,663	18,664	19,625

Lungimi fixe : colaci de 18—100 kg

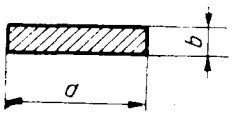
Calități : STAS 500-76

Exemplu de notare pe desen : pentru $a=50$ mm ; $b=3$ mm ; $l=120$ mm
50 × 3 . . . 120

Tabelul 1.27

OȚEL LAT
Grosimi, lățimi și mase

Conform STAS 395-68

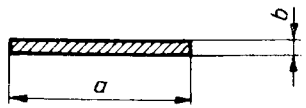


Lățimea mm		Grosimea b, mm													
		5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	25	30	40	50
a	Abateri limită mm	Abateri limită la grosime, mm													
		+0,3 −0,5							+0,4 −0,6		+0,5 −0,7	+0,7 −1,0	+0,9 −1,2	+1,2 −1,6	+1,5 −2,0
		Masa, kg/m													
12	+0,7 −1,0	0,471	0,565	0,655	0,750										
14		0,550	0,659		0,879	1,10									
16		0,628	0,754		1,01	1,25	1,51								
18		0,707	0,848		1,13	1,41	1,77								
20		0,785	0,942		1,26	1,57	1,88								
22		0,863	1,036		1,38	1,73	2,07	2,41							
25		0,981	1,18		1,57	1,96	2,36	2,74	3,14						
28		1,11	1,32	1,54	1,76	2,20	2,64	3,08	3,52	3,96					
30		1,18	1,41	1,65	1,83	2,36	2,83	3,30			4,70				
35		1,37	1,65	1,92	2,20	2,75	3,30	3,85	4,40						
40	+0,8 −1,1	1,57	1,88	2,19	2,51	3,14	3,77	4,40	5,02	5,65	6,28	7,85			
45		1,77	2,12	2,47	2,83	3,53	4,24	4,95	5,65		7,07		10,6		
50		1,96	2,36	2,74	3,14	3,93	4,71	5,50	6,23	7,05	7,85	9,81	11,8		
55		2,15	2,59	3,00	3,45	4,32	5,18	6,05	6,91	7,75			13,0		
60	+0,9 −1,2	2,36	2,83	3,30	3,77	4,71	5,65	6,59	7,54	8,45	9,42	11,8	14,1	18,8	
70	+1,0 −1,4	2,75	3,30	3,85	4,40	5,50	6,59	7,69	8,79	9,86	11,0	13,7	16,5		
80	+1,2 −1,6	3,14	3,76	4,40	5,02	6,28	7,54	8,79	10,0	11,2	12,6	15,7	18,8	25,1	
90	+1,3 −1,8	3,53	4,23	4,94	5,65	7,07	8,43	9,90	11,3	12,6	14,1	17,7	21,2	28,3	
100	+1,5 −2,0	3,92	4,71	5,49	6,28	7,85	9,42	10,1	12,6	14,1	15,7	19,6	23,6	31,4	39,3
110	+1,7 −2,2	4,31	5,18	6,10	6,91	8,64	10,4	12,1	13,8	15,5	17,3	21,6	25,9	34,5	43,2
120	+1,8 −2,4	4,71	5,66	6,60	7,54	9,42	11,3	13,2	15,1	17,0	18,8	23,6	28,3	37,7	47,1
130	+2,0 −2,6	5,11	6,12	7,15	8,16	10,2	12,3	14,3	16,3	18,3	20,4	25,5	30,6	40,8	51,0
140	+2,1 −2,8	5,50	6,59	7,70	8,79	11,0	13,2	15,4	17,6	19,7	22,0	27,5	33,0	44,0	55,0
150	+2,3 −3,0	5,80	7,00	8,25	9,42	11,8	14,1	16,1	18,8	21,2	23,6	29,4	35,3	47,1	58,9

Lungimi fixe:	Calități:	Exemplu de notare pe desen: pentru a=80 mm; b=16 mm; l=120 mm
3–12 m	STAS 500-76	80×16...120

Tabelul 1.28

PLATBANDĂ *
Grosimi, lățimi și mase



Lățimea mm		Grosimea *b*, mm								
		6	8	10	12	15	20	25	30	40
a	Abateri limită mm	Abateri limită la grosime, mm								
		+0,4 −0,5			+0,6 −0,7			+0,7 −0,8		+0,8 −0,9
		Greutatea, kg/m								
160	+2,5 −3,0	7,54	10,1	12,6	15,1	18,9	25,1			
180		8,48	11,3	14,1	17,0	21,2	28,3	35,3	42,4	56,5
200		9,42	12,6	15,7	18,9	23,6	31,4	39,3	47,1	62,8
220	+3 −4		13,8	17,3	20,7	25,9	34,5	43,2	51,6	
250		11,8	15,7	19,6	23,5	29,4	39,2	49,1	58,9	78,5
280			17,6	22,0	26,4	33,0	44,0	54,9	65,9	
300		14,1	18,8	23,6	28,3	35,3	47,1	58,9	70,6	
320			20,1	25,1	30,1	37,7	50,2			
350		16,5	22,0	27,5	33,0	41,2	54,9			
380	+4 −5		23,9	29,8	35,8	44,7	59,7			
400			25,1	31,4	37,7	47,1	62,8			
420			26,4	33,0	39,6	49,5	65,9			
450			28,3	35,3	42,4	53,0	70,6			
500	+5 −6		31,4	39,2	47,1	58,9	78,5			
550			34,5	43,2	51,8	64,8	86,3			
(600)			37,7	47,1	56,5	70,6	94,2			

* Acest produs se realizează la noi prin tăiere din tablă cu flacără oxigaz cu un dispozitiv cu duze multiple.

Calități :	Exemplu de notare pe desen : pentru $a=160$ mm ; $b=10$ mm ; $l=175$ mm ;
OL 34 ; OL 37 ; OL 52 și STAS 505-62	160 × 10 . . . 175

Tabelul 1.29

TABLĂ GROASĂ. Dimensiuni

Conform STAS 437-73

Grosimea tablelor mm	Lățimea tablelor, m																							
	0,8*	0,9*	1,0	1,1*	1,2*	1,25	1,3*	1,4	1,5	1,6	1,7*	1,8	1,9*	2,0	2,1*	2,2	2,3*	2,4	2,5*	2,6	2,7*	2,8	2,9*	3,0*
	Lungimea maximă de livrare a tablelor, m																							
5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1	—	—	—	—	—	—	—
6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	—	—	—	—	—	—
7	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	—	—	—
8	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
9	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
11	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
12	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
13	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
17	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
18	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
19	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
22	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
25	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
28	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
30	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
32	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
35	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
38	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
40	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
45	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
50	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
55	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
60	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14
65	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	13	13
70	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	13	13	12	12
75	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	13	13	12	12	11	11
80	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	13	13	12	12	11	11	11	10
85	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10
90	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	13	12	12	11	11	10	10	10	9,5	9
95	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	13	12	12	11	11	10	10	9,5	9,5	9	8,5
100	—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	13	12	12	11	11	10	10	9,5	9	9	8,5	8
110	—	—	15	15	15	15	15	15	15	14	13	12	12	11	11	10	10	9,5	9	8,5	8,5	8	8	7,5
120	—	—	15	15	15	15	15	15	14	13	12	11	11	10	10	9,5	9	8,5	8,5	8	7,5	7,5	7	7
130	—	—	15	15	15	15	15	14	13	12	11	10	10	9,5	9	8,5	8,5	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5
140	—	—	15	15	15	14	14	13	12	11	10	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6
150	—	—	15	15	14	13	13	12	11	10	10	9	8,5	8,5	8	7,5	7	7	6,5	6,5	6	6	5,5	5,5

* Se vor evita

Lungimi fixe :	Calități :	Exemplu de notare pe desen : pentru grosimea = 15 mm ; lățimea = 1 430 mm ; lungimea = 560 mm
4,0 — 15,0 m	STAS 500-76	15 × 1 430 . . . 560

Tabelul 1.30

TABLĂ GROASĂ
Masa foilor de tablă (kg/m) pentru lățimea a și grosimea t

Conform: STAS 437-73

Grosimea t, mm	Lățimea a, mm									
	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000	1 100
5	23,55	25,51	27,48	29,44	31,40	33,36	35,33	37,29	39,25	43,18
6	28,26	30,62	32,97	35,33	37,68	40,06	42,39	44,75	47,10	51,81
7	32,97	35,72	38,47	41,21	43,96	46,71	49,46	52,20	54.96	60,45
8	37,68	40,82	43,96	47,10	58,24	53,38	56,52	59,66	62,80	69,08
9	42,39	45,92	49,46	52,90	56,52	60,05	63,59	67,12	70,65	77,72
10	47,10	51,83	54,95	58,80	62,80	66,73	70,65	74,58	78,50	86,35
12	56,52	61,23	65,94	70,65	75,36	80,07	84,78	89,49	94,20	103,62
14	65,94	71,44	76,93	82,43	87,92	93,42	98,91	104,41	109,90	120,89
15	70,65	76,54	82,43	88,31	94,20	100,09	105,98	111,86	117,75	129,53
16	75,36	81,64	87,92	94,20	100,48	106,76	113,04	119,32	125,60	138,16
18	84,78	91,85	91,91	105,98	113,04	120,11	127,17	134,24	141,30	155,43
20	94,20	102,05	109,90	117,75	125,60	133,45	141,30	149,15	157,00	172,70
22	103.62	112,26	120 89	129,53	138,16	146,80	155.43	164,07	172,70	189,97
24	113,04	122,46	131,88	141,30	150,72	160,14	169,56	178,98	188,40	207,24
25	117,75	127,56	137,38	147,19	157,00	166,81	176,63	186,44	196,25	215,88
26	122,46	132,67	142,87	153,08	163,28	173,49	183,69	193,90	204,10	224,51
28	131,88	142,87	153,86	164,85	175,84	186,83	197,82	208,81	219,80	241,78
30	141,30	153,08	164,85	176,63	188,40	200,18	211,95	223,73	235,50	259,03
32	150,72	163,28	175,84	188,40	200,96	213,52	226,08	238,64	251,20	276,32
34	160,14	173,49	186,83	200,18	213,52	226,87	240,21	253,56	266,90	293,59
35	164,85	178,59	192,33	206,06	219,80	233,54	247,28	261,01	274,75	302,23
36	169,56	183,69	197,82	211,95	226,08	240,21	254,34	268,47	282,60	310,86
38	178,98	193,90	208,81	227,73	238,64	253,56	268,47	283,39	298.30	328,13
40	188,40	204,10	219,80	235,50	251,20	266,90	282,60	298,30	314,00	345,40
	1 200	1 250	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000
5	47,10	49,06	51,03	54,95	58,88	62,80	66,73	70,65	74,58	78,5
6	56,52	58,88	61,23	65,94	70,65	75,36	80,07	84,78	89,49	94,20
7	65,94	68,69	71,44	76,93	82,43	87,92	93,42	98,91	104,41	109,90
8	75,36	78,50	81,64	87,92	94,20	100,48	106,76	113,04	119,32	125,60
9	84,78	88,31	91,85	98,91	105,98	113,04	120,11	127,17	134,24	141,30
10	94,20	98,13	102,05	109,90	117,75	125,60	133,45	141,30	149,15	157,00
12	113,04	117,75	122,46	131,88	141.30	150,72	160,14	169,56	178,98	188,40
14	131,88	137,38	142,87	153,86	164,85	175,84	186,83	197,82	208,81	219,80
15	141,30	147,19	153,08	164,85	176,63	188,40	200,18	211,95	223,73	235,50

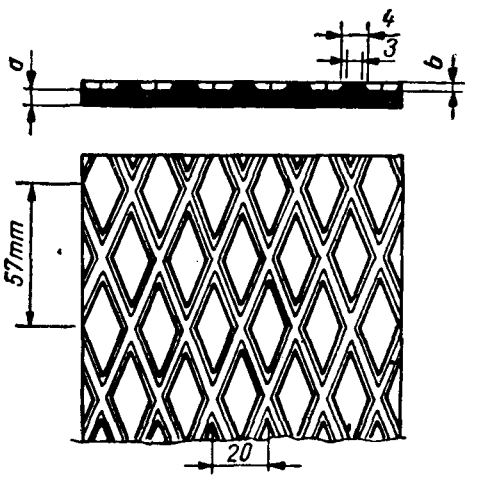
Tabelul 1.30 (continuare)

Grosimea t, mm	Lățimea a, mm									
	1 200	1 250	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000
16	150,72	157,00	163,28	175,84	188,40	200,96	213,52	226,08	238,64	251,20
18	169,56	176,63	183,69	197,82	211,95	226,08	240,21	254,34	268,47	282,60
20	188,40	196,25	204,10	219,90	235,50	251,20	266,90	282,60	298,30	314,00
22	207,24	215,88	224,51	241,78	259,05	276,32	293,59	310,86	328,13	345,40
24	226,08	235,50	244,92	263,76	282,60	301,44	320,28	339,12	357,96	376,80
25	235,50	245,31	255,13	271,75	294,38	314,00	333,63	353,25	372,88	392,50
26	244,92	255,13	265,33	285,44	306,15	326,56	346,97	367,38	387,79	408,20
28	263,76	274,75	285,74	307,72	329,60	351,68	373,66	395,64	417,62	439,60
30	282,60	294,38	306,15	329,70	353,25	376,80	400.35	423,90	447,45	471,00
32	301,44	314,00	326,56	351,68	376,80	401,92	427,04	452,16	477,28	502,40
34	320,28	333,63	346,97	373,66	400,35	427,04	453,73	480,42	507,11	533,80
35	329,70	343,44	357,18	384,65	412,13	439,60	467,08	494,55	522,03	549,50
36	339,12	353,25	367,38	395,64	423,90	452,16	480,42	508,68	536,94	565,20
38	357,96	372,88	387,79	417,62	447,45	477,28	507,11	536,94	566,77	596,60
40	376,80	392,50	408,20	439,60	471,00	502,40	533,80	565,20	596,6	628,00
	2 100	2 200	2 300	2 400	2 500	2 600	2 700	2 800	2 900	3 000
5	82,13	86,35	90,28	94,20	98,13	102,05	105,98	109,90	113,83	117,75
6	98,91	103,62	108,33	113,04	117,75	122,46	127,17	131,88	136,59	141,30
7	115,40	120,89	126,39	131,88	137,38	142,87	148,37	153,86	159,36	164,85
8	131,88	138,16	144,44	150,72	157,00	163,28	169,56	175,87	182,12	188,40
9	148,37	155,43	162,50	169,56	176,63	183,69	190,76	197,82	204,89	211,95
10	164,85	172,70	180,55	188,40	196,25	204,10	211,95	219,80	227,65	235,50
12	197,82	207,24	220,27	226,08	235,50	244,92	254,34	263,76	273,18	282,60
14	230,79	241,78	252,77	263,76	274,75	285,74	296,73	307,72	318,71	329,70
15	247,28	259,05	270,83	282,60	294,38	306,15	317,93	329,70	341,48	353,25
16	263,76	276,32	288,88	301,44	314,00	326,56	339,12	351,68	364,24	376,80
18	296,73	310,86	324,99	339,12	353,25	367,38	381,51	395,64	409,77	423,90
20	329,70	345,40	361,10	376,80	392,50	408,20	423,90	439,60	455,30	471,00
22	362,67	379,94	397,21	414,48	431,75	449,02	466,29	483,56	500,83	518,10
24	395,64	414,48	433,32	452,16	471,00	489,84	508,68	527,52	546,36	565,20
25	412,13	431,75	451,38	471,00	490,63	510,25	529,88	549,50	569,13	588,75
26	428,61	449,02	469,43	489,84	510,25	530,66	551,07	571,48	591,89	612,30
28	461,58	483,56	505,54	527,52	549,50	571,48	593,46	615,41	637,42	659,40
30	494,55	518,10	541,65	565,20	588,75	612,30	635,85	659,40	682,95	706,50
32	527,52	552,64	577,76	602,88	628,00	653,12	678,24	703,36	728,48	753,60
34	560,49	587,18	613,87	640,56	667,25	693,94	720,63	747,32	774,01	800,70
35	576,98	604,45	631,93	659,40	686,88	714,35	741,83	769,30	796,78	824,25
36	593,46	621,72	649,98	678,24	706,50	734,76	763,02	791,28	819,54	847,80
38	626,43	656,26	686,09	715,92	745,75	775,58	805,41	835,24	865,07	894,90
40	659,40	690,80	722,20	753,60	785,00	816,40	847,80	879,20	910,60	942,00

Tabelul 1.31

TABLĂ STRIATĂ
Formă și dimensiuni

Conform STAS 3480-75



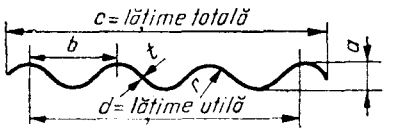
Simbol	Grosime a, mm ±10%	Lățime × lungime max.	Înălțimea nervurii, mm b min.	Masa kg/m²
TS 5	5	1 400 × 7 000	0,5	43
TS 6	6	1 500 × 7 000		51
TS 7	7	1 000 × 8 000	1	59
	7	1 300 × 7 000		
	7	1 500 × 6 000		
TS 8	8	1 000 × 7 000		67
	8	1 250 × 6 000		
	8	1 500 × 5 000		
TS 9	9	1 000 × 7 000		75
	9	1 300 × 5 000		
	9	1 500 × 4 000		
TS 10	10	1 000 × 6 000		83
	10	1 300 × 5 000		
	10	1 500 × 4 000		

Lungimi fixe :	Calități :	Exemplu de notare pe desen :
	OL 00	pentru a=7 mm ; lățimea=500 mm ; lungimea=4 000 mm. TS 7 500 × 4 000

Tabelul 1.32

TABLĂ ONDULATĂ

Conform STAS 2029-68



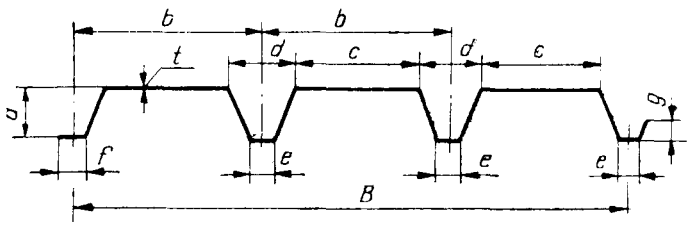
Dimensiuni, mm						Pentru o fișie de 1,0 m lățime			Masa circa kg/m²	Pentru o foaie de 2 m lungime	
				Lățime		Aria secțiunii A cm²	I cm⁴	W cm³		Suprafața, circa m²	Masa, circa kg
a	b	r	t	totală	utilă						
Tablă ondulată neacoperită și zincată *											
(20)	(76)	(19)	0,75	circa 800	circa 760	8,72	4,21	4,06	7,52	1,60	12
			1,00			11,6	5,63	5,36	10,03		16
30	100	23	0,75	circa 850	circa 800	9,02	9,73	6,33	7,06	1,70	12
			1,00			12,0	12,97	8,37	9,40		16
			1,25			15,0	16,25	10,4	11,75		20
			1,50			18,1	19,53	12,4	14,12		24
40	150	36	1,25	circa 825	circa 750	14,6	28,26	13,7	12,10	1,65	20
			1,50			17,5	33,82	16,3	14,54		24
Tablă ondulată pentru obloane											
15	30	7	0,50	circa 715	circa 700	7,42	1,85	2,38	5,59	1,43	8
			0,75			11,12	2,77	3,52	8,39		12

* Pentru tablă zincată masa se mărește cu circa 0,5 kg pe foaia de 2 m lungime

Lungimi obișnuite	Calități	Exemplu de notare pe desen : pentru
2 m	STAS 1946-69 2028-71 901-74	b=100 mm ; a=30 mm ; d=1,0 mm ; L=2 000 mm T.O 100 × 3 × 1,0 . . . 2 000

Tabelul 1.33

PROFILE DIN TABLĂ CUTATĂ



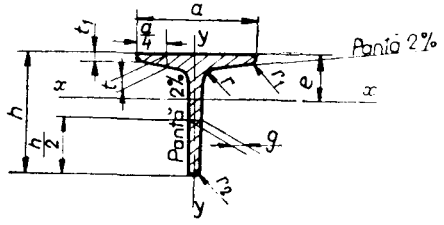
Tipul profilului	Dimensiuni geometrice, mm									Pentru o fișie de profil cu lățime de 1,0 m		Masa kg/m²
	t	a	b	c	d	e	f	g	B	I cm⁴	W cm³	
TIP 35/187⁵	0,75	35	187,5	131,5	56	40	30	20	750	17,5	7,5	8,00
	1,00									23,2	10,0	10,66
	1,25									29,1	12,5	13,33
	1,50									34,8	15,0	16,00
TIP 60/200	0,75	60	200	160	40	30	25	20	600	58	12,3	10,00
	1,00									78	16,5	13,35
	1,25									97	20,5	16,70
	1,50									117	25,0	20,00
TIP 60/125	0,75	60	125	85	40	30	25	20	50	75	19,0	12,00
	1,00									100	26,0	16,00
	1,25									125	32,5	20,00
	1,50									150	40,0	21,00

Lungimi	Calități:	Exemplu de notare pe desen: pentru
— Pînă la 6,0 m — La comandă	STAS 500-76	a=35 mm; b=187,5 mm; t=1,0 mm și B=750 mm; l=2 500 mm T.C. 35/187,5/1,0/750—2 500

Tabelul 1.34

OȚEL T
Dimensiuni, mase, mărimi statice

Conform STAS 566-68



I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de girație

în raport cu axa de încovoiere respectivă

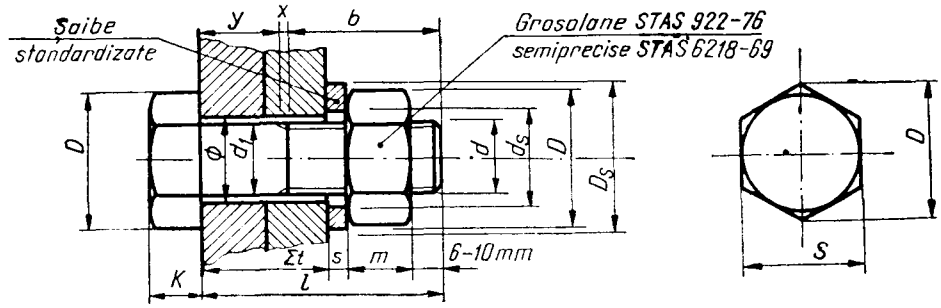
Denumirea	Dimensiuni mm					Aria secțiunii A, cm²	Masa G, kg/m	e cm	Pentru axa de încovoiere					
									$x-x$			$y-y$		
	$a=h$	$g=t=r$	t_1	r_1	r_2				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
2	20	3	2,90	1,5	1	1,12	0,88	0,58	0,38	0,27	0,58	0,20	0,20	0,42
2½	25	3,5	3,37	2	1	1,64	1,29	0,73	0,87	0,49	0,73	0,43	0,34	0,51
3	30	4	3,85	2	1	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,87	0,58	0,62
4	40	5	4,80	2,5	1	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83
5	50	6	5,75	3	1,5	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	1,46	6,06	2,42	1,03

Lungimi obișnuite	Calități:	Exemplu de notare pe desen:
4—8 m	OL 34 OL 37	pentru h=20 mm; l=1 270 mm; T2...1 270

Tabelul 1.35

ȘURUBURI NEPĂSUITE SOLICITATE NUMAI LA ÎNTINDERE
Dimensiuni

Conform STAS 920-69; 6220-69



Se admite $y < \Sigma t$

Diametru nominal filet			d	M 12	(M 14)	M 16	(M 18)	M 20	(M 22)	M 24	(M 27)	M 30	M 36
Diametru gaură			Ø	13	15	17	19	21	23	25	28	31	37
Șurub	Diametru tijă		d_1	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
	Filet STAS 6 564-73	Lungime $l<125$	b	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78
		Lungime $125<l<200$		36	40	44	48	52	56	60	66	72	84
		Ieșire	x	2,6	3,0	3,0	3,7	3,7	3,7	4,5	4,5	5,2	6,0
	Înălțime cap		K	8	9	10	12	13	14	15	17	19	23
	Deschidere cheie		S	19	22	24	27	30	32	36	41	46	55
	Diametru cap		D	21,9	25,4	27,7	31,2	34,6	36,9	41,6	47,3	53,1	63,5
Piuliță STAS 922-76, înălțime STAS 6218-69			m	10	11	13	14	16	18	19	22	24	28
Șaibe				Dimensiuni (v. tabelul 1.40)									

Grosimea pieselor care pot fi strînse cu șuruburi cu lungimea l egală cu: (o piuliță și șaibă uzuală)

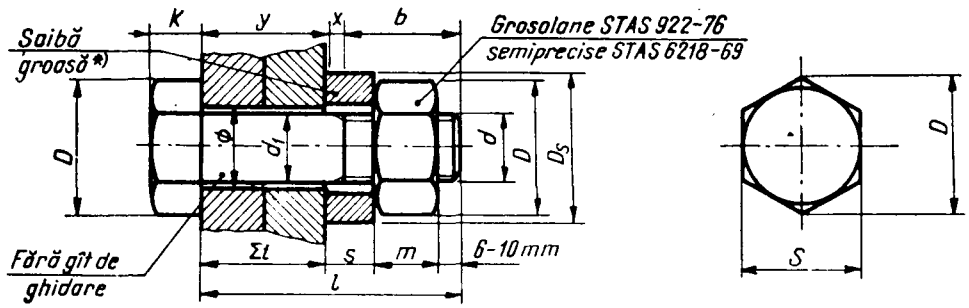
	Σt										
40		17–21	—								
45		22–26	21–25	—							
50		27–31	26–30	24–28	—						
55		32–36	31–35	29–33	28–32	—					
60		37–41	36–40	34–38	33–37	31–35	—				
65		42–46	41–45	39–43	38–42	36–40	34–38	—			
70		47–51	46–50	44–48	43–47	41–45	39–43	37–41	—		
75		52–56	51–55	49–53	48–52	46–50	44–48	42–46	39–43	—	
80		57–61	56–60	54–58	53–57	51–55	49–53	47–51	44–48	—	
90		67–71	66–70	64–68	63–67	61–65	59–63	57–61	54–58	52–56	—
100		77–81	76–80	74–78	73–77	71–75	69–73	67–71	64–68	62–66	57–61
110		87–91	86–90	84–88	83–87	81–85	79–83	77–81	74–78	72–76	67–71
120		97–101	96–100	94–98	93–97	91–95	89–93	87–91	84–88	82–86	77–81
130		107–111	106–110	104–108	103–107	101–105	99–103	97–101	94–98	92–96	87–91
140		117–121	116–120	114–118	113–117	111–115	109–113	107–111	104–108	102–106	97–101
150		127–131	126–130	124–128	123–127	121–125	119–123	117–121	114–118	112–116	107–111
160		137–141	136–140	134–138	133–137	131–135	129–133	127–131	124–128	122–126	117–121
180		157–161	156–160	154–158	153–157	151–155	149–153	147–151	144–148	142–146	137–141
200		177–181	176–180	174–178	173–177	171–175	169–173	167–171	164–168	162–166	157–161

Șurub:	STAS	Calități	Masa	Exemplu de notare pe desen: Șurub grosolan M 20 cu piuliță cu lungimea 70 mm: Șurub M 20×70 P
Grosolan	920-69	Tabelul 1.8	Tabelul 1.37	
Semiprecis	6220-69			

Tabelul 1.36

ȘURUBURI NEPĂSUITE SOLICITATE LA FORFECARE SAU ÎNTINDERE ȘI FORFECARE
Dimensiuni

Conform STAS 920-69 ; 6220-69**)



Nu se admite
$y<\Sigma t$; $y+x \geq \Sigma t+s$

Diametru nominal filet		*d*	M 12	(M 14)	M 16	(M 18)	M 20	(M 22)	M 24	(M 27)	M 30
Diametru gaură		Ø	13	15	17	19	21	23	25	28	31
Șurub: Diametru tijă		d_1	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Șurub: Filet STAS 6564-73	Lungime	*b*	19,5	21,5	23	24,5	26	28	29,5	32,5	35
	Ieșire	*x*	2,6	3,0	3,0	3,7	3,7	3,7	4,5	4,5	5,2
Șurub: Înălțime cap		*K*	8	9	10	12	13	14	15	17	19
Șurub: Deschidere cheie		*S*	19	22	24	27	30	32	36	41	46
Șurub: Diametru cap		*D*	21,9	25,4	27,7	31,2	34,6	36,9	41,6	47,3	53,1
Înălțime piuliță		*m*	10	11	13	14	16	18	19	22	24
Șaibă groasă *) *s*=8 mm			Dimensiuni : (v. tabelul 1.40)								

Grosimea pieselor care pot fi strînse cu șuruburi cu lungimea *l* egală cu : (o piuliță și șaibă specială)											
	40	Σt	14—18	—	10—14*	—	6—10*	5—9*	—	—	—
	45		19—23	16—20	15—19*	—	11—15*	10—14*	8—12*	—	—
	50		24—28	21—25	20—24	—	16—20*	15—19*	13—17*	—	—
	55		29—33	26—30	25—29	23—27	21—25*	20—24*	18—22*	—	—
	60		34—38	31—35	30—34	28—32	26—30	25—29*	23—27*	20—24*	—
	65		39—43	36—40	35—39	33—37	31—35	30—34	28—32*	25—29*	—
	70		44—48	41—45	40—44	38—42	36—40	35—39	33—37	30—34*	—
	75		49—53	46—50	45—49	43—47	41—45	40—44	38—42	35—39	—
	80		54—58	51—55	50—54	48—52	46—50	45—49	43—47	40—44	38—42*
	85*		59—63	56—60	55—59	53—57	51—55	50—54	48—52	45—49	43—47
	90		64—68	61—65	60—64	58—62	56—60	55—59	53—57	50—54	48—52
	95*		69—73	66—70	65—69	63—67	61—65	60—64	58—62	55—59	53—57
	100		74—78	71—75	70—74	68—72	66—70	65—69	63—67	60—64	58—62
	105*		79—83	76—80	75—79	73—77	71—75	70—74	68—72	65—69	63—67
	110		84—88	81—85	80—84	78—82	76—80	75—79	73—77	70—74	68—72
	115*		89—93	86—90	85—89	83—87	81—85	80—84	78—82	75—79	73—77
	120		94—98	91—95	90—94	88—92	86—90	85—89	83—87	80—84	78—82
	125*		—	—	95—99	93—97	91—95	90—94	88—92	85—89	83—87
	130		—	—	100—104	98—102	96—100	95—99	93—97	90—94	88—92

* Nu sînt prevăzute în STAS ; ** Cu modificarea lungimii filetului *b*

Șurub	STAS**	Calități	Masa
Grosolan	920-69	Tabelul 1.8	Tabelul 1.37
Semiprecis	6220-69		

Exemplu de notare pe desen : șurub grosolan M 20 cu piuliță, cu lungimea *l*=70 mm ; lungimea filetului *b*=26 mm
Șurub M 20×70 P ; *b*=26 STAS 920-69

Tabelul 1.37

ȘURUBURI NEPĂSUITE
(Grosolane și semiprecise)
Masa elementelor de îmbinare

Conform :
STAS 920-69
922-76
1388-72
7666-66
2242-57

Elementul de îmbinare		Masa elementelor de îmbinare, kg/1000 bucăți									
		M 12	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	M 36
Șuruburi fără piuliță	l= 40 mm	50,0	—	94,2*	—	162*	201*	—	—	—	—
	45	54,4	76,6	102,2*	—	174*	216*	266*	—	—	—
	50	58,8	82,7	109	—	187*	231*	284*	—	—	—
	55	63,2	88,8	117	154	199*	246*	302*	—	—	—
	60	67,6	94,8	125	164	207	261*	320*	431*	—	—
	65	72,0	101	133	174	219	269	337*	453*	—	—
	70	76,4	107	141	184	232	284	346	476*	—	—
	75	80,8	113	149	194	244	299	363	488	—	—
	80	85,2	119	157	204	256	338	379	510	—	—
	85*	91,1	125	165	214	269	348	396	533	—	—
	90	94,0	131	172	224	281	353	413	555	712	—
	95*	99,0	137	180	234	294	368	430	578	740	—
	100	103	143	188	244	306	383	446	600	768	1 180
	105*	108	149	196	254	318	398	463	623	796	1 220
	110	112	155	204	264	330	413	480	645	823	1 260
	115*	116	161	212	274	343	428	497	668	851	1 300
	120	120	167	220	284	355	443	513	690	879	1 340
	125*	125	173	228	294	368	458	530	713	907	1 380
	130	129	179	236	304	380	473	547	735	934	1 420
	140	138	191	251	324	405	502	580	780	990	1 500
	150	147	203	267	344	429	532	617	825	1 050	1 580
	160	155	214	282	362	452	550	643	857	1 100	1 650
	180	172	238	314	402	501	609	710	947	1 210	1 810
	200	190	250	346	442	550	669	778	1 040	1 320	1 980
	220	208	262	377	482	600	729	845	1 130	1 430	2 150
	240	226	286	409	522	649	788	912	1 220	1 540	2 310
	260	243	310	440	562	699	848	979	1 310	1 650	2 510
Piulițe		15,1	25,0	30,8	49,4	60,3	74,5	97,3	140	198	356
Șaibe	Uzuale	5,85	8,16	10,7	14,0	16,4	17,5	31,0	39,4	60,8	86,1
	Grower serie mijlocie	3,3	4,3	5,9	8,8	12,5	16,9	22,2	29,7	38,4	49,0
	Profile U	21,2	—	35,5	—	61,4	92,7	124	—	150	—
	Profil I	23,8	—	40,5	—	72,1	102	138	—	171	—
	Groase * s=8 mm	19,5	—	29,3	—	41,5	51,0	61,5	81,6	104	157
	IP	14,0	—	19,5	—	30,4	40,2	65,1	81,8	—	—

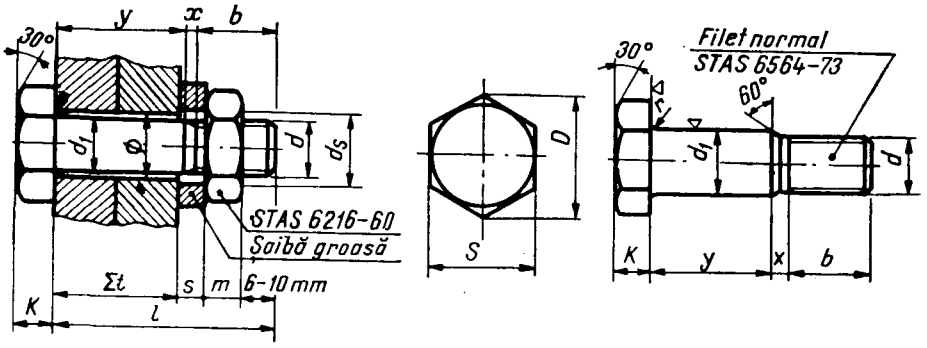
* Neprevăzute în STAS

Calități :
Tabelul 1.8

Tabelul 1.38

ȘURUBURI PĂSUITE
Dimensiuni și mase

Conform [1]



								$y \geq \Sigma t$; $y+x \leq \Sigma t+s$		
Diametru nominal filet		d	M 12	M 16	M 20	(M 22)	M 24	(M 27)	M 30	M 36
Diametru gaură		Ø	13	17	21	23	25	28	31	37
		H 12[2]	+180	+180	+210	+210	+210	+210	+210	+250
			0	0	0	0	0	0	0	0
Șaibă groasă s=8 mm		[3]	Dimensiuni (v. tabelul 1.40)							
Șurub	Diametru tijă	d_1	13	17	21	23	25	28	31	37
		H 12[2]	0	0	0	0	0	0	0	0
			−180	−180	−210	−210	−210	−210	−250	−250
	Lungime filet	b	19,5	23	26	28	29,5	32,5	35	40
	Ieșire filet	x	2,5	3	4	4	4,5	4,5	5	6
	Înălțime cap	K	8	10	13	14	15	17	19	23
	Deschidere cheie	S	19	24	30	32	36	41	46	55
	Diametru cap	$D \approx$	21,9	27,7	34,6	36,9	41,6	47,3	53,1	63,5
	Raza de racordare	r	1	1	1	1	1	1	1	1
Înălțimea piuliței STAS 6218-69		m	10	13	16	18	19	22	24	29

Grosimea pieselor care pot fi strînse cu șuruburi cu lungimea l egală cu : (o piuliță și șaibă specială)										
	l=40 mm	Σt	14−18	10−14	6−10	5−9	−	−	−	−
	45		19−23	15−19	11−15	10−14	8−12	−	−	−
	50		24−28	20−24	16−20	15−19	13−17	−	−	−
	55		29−33	25−29	21−25	20−24	18−22	−	−	−
	60		34−38	30−34	26−30	25−29	23−27	20−24	−	−
	65		39−43	35−39	31−35	30−34	28−32	25−29	−	−
	70		44−48	40−44	36−40	35−39	33−37	30−34	−	−
	75		49−53	45−49	41−45	40−44	38−42	35−39	−	−
	80		54−58	50−54	46−50	45−49	43−47	40−44	38−42	−
	85		59−63	55−59	51−55	50−54	48−52	45−49	43−47	−
	90		64−68	60−64	56−60	55−59	53−57	50−54	48−52	−
	95		69−73	65−69	61−65	60−64	58−62	55−59	53−57	−
	100		74−78	70−74	66−70	65−69	63−67	60−64	58−62	52−56
	105		79−83	75−79	71−75	70−74	68−72	65−69	63−67	60−64
	110		84−88	80−84	76−80	75−79	73−77	70−74	68−72	65−69
	115		89−93	85−89	81−85	80−84	78−82	75−79	73−77	70−74
	120		94−98	90−94	86−90	85−89	83−87	80−84	78−82	75−79
	125		−	95−99	91−95	90−94	88−92	85−89	83−87	80−84
	130		−	100−104	96−100	95−99	93−97	90−94	88−92	85−89
	135		−	105−109	101−105	100−104	98−102	95−99	93−97	90−94
	140		−	110−114	106−110	105−109	103−107	100−104	98−102	95−99
	145		−	115−119	111−115	110−114	108−112	105−109	103−107	100−104
	150		−	120−124	116−120	115−119	113−117	110−114	108−112	105−109
	155		−	−	121−125	120−124	118−122	115−119	113−117	111−114
	160		−	−	126−130	125−129	123−127	120−124	118−122	115−119
	165		−	−	131−135	130−134	128−132	125−129	123−127	117−121
	170		−	−	136−140	135−139	133−137	130−134	128−132	122−126
	175		−	−	141−145	140−144	138−142	135−139	133−137	127−131
	180		−	−	−	145−149	143−147	140−144	138−142	132−136
	185		−	−	−	150−154	148−152	145−149	143−147	137−141
	190		−	−	−	155−159	153−157	150−154	148−152	142−146
	195		−	−	−	160−164	158−162	155−159	153−157	147−151
	200		−	−	−	165−169	163−167	160−164	158−162	152−156

Tabelul 1.38 (continuare)

Diametru nominal filet	d	M 12	M 16	M 20	(M 22)	M 24	(M 27)	M 30	M 36
Masa a 1000 de bucăți șuruburi fără piuliță [1]	l=40 mm	53,3	98,2	167	201	—	—	—	—
	45	58,5	107	181	217	270	—	—	—
	50	63,7	116	194	234	289	—	—	—
	55	68,9	125	208	250	309	—	—	—
	60	74,1	134	221	266	328	439	—	—
	65	79,1	142	235	283	347	463	—	—
	70	84,1	151	249	296	366	487	—	—
	75	90,1	160	262	315	386	511	—	—
	80	95,1	169	276	331	405	536	689	—
	85	101	178	289	348	424	560	719	—
	90	106	187	303	364	443	584	748	—
	95	111	196	317	380	463	608	778	—
	100	116	205	330	397	482	632	814	1 211
	105	121	214	344	413	501	656	844	1 251
	110	127	223	357	429	520	681	874	1 291
	115	132	231	371	446	540	705	894	1 341
	120	137	240	385	462	559	729	924	1 381
	125	—	249	398	478	573	753	954	1 421
	130	—	258	412	494	597	778	984	1 471
	135	—	267	425	511	617	801	1 014	1 511
	140	—	276	439	527	636	825	1 044	1 551
	145	—	285	453	543	647	846	1 074	1 601
Masa a 1 000 de bucăți șuruburi fără piuliță [1]	150	—	294	466	560	674	866	1 100	1 641
	155	—	—	486	576	695	896	1 134	1 681
	160	—	—	493	592	713	916	1 164	1 731
	165	—	—	506	609	732	946	1 194	1 771
	170	—	—	521	625	751	966	1 224	1 811
	175	—	—	534	641	771	986	1 254	1 861
	180	—	—	—	657	790	1 016	1 284	1 901
	185	—	—	—	674	809	1 036	1 314	1 941
	190	—	—	—	690	828	1 066	1 344	1 991
	195	—	—	—	706	848	1 086	1 374	2 031
	200	—	—	—	723	867	1 116	1 404	2 071

Σt

Observații. [1] Nu sînt standardizate. Executarea șurubului se face în condițiile prevăzute de standarde pentru șuruburi semiprecise (STAS 6220-69).

[2] Toleranțele conform STAS 8104-68 și 8105-68.

[3] Se pot folosi una sau două șaibe standardizate dacă se respectă condiția $y \geq \Sigma t : y + x \leq \Sigma t + s$.

Calități :

Tabelul 1.8 și 1.9

Exemplu de notare pe desen :

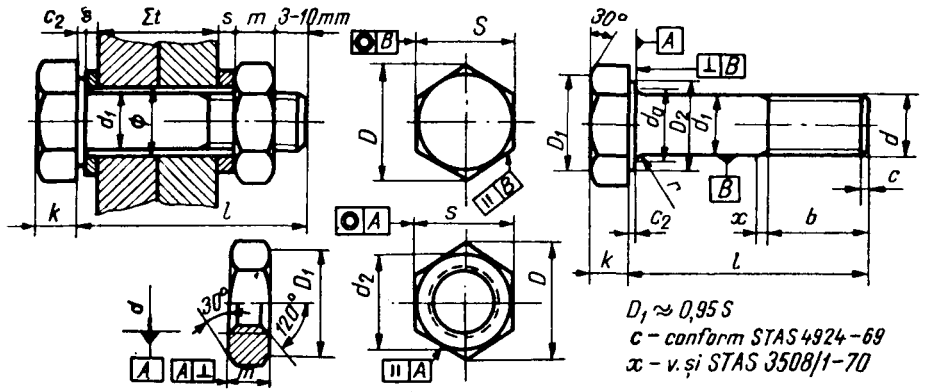
Șurub păsuit M 20, cu piuliță, cu șaiba și cu lungimea tijei =70 mm

Șurub păsuit M 20 × 70 PS

Tabelul 1.39

ȘURUBURI DE ÎNALTĂ REZISTENȚĂ PRETENSIONATE
Dimensiuni și mase

Conform : Pr. STAS 8796/1-76
Pr. STAS 8796/2-76
DIN 6914 și DIN 6915



$D_1 \approx 0{,}95\,S$
c – conform STAS 4924-69
x – v. și STAS 3508/1-70

Diametrul nominal la filet			d	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27
Diametrul găurii			Ø	13	17	21	23	25	28
Șaibă IP			s	Dimensiuni (v. tabelul 1.40)					
Șurub Pr. STAS 8796/1-76 și DIN 6914	Diametrul tijei		d_1	12	16	20	22	24	27
	Filet	Lungime 1/2	b	21	26	31	32	34	37
				23	28	33	34	37	39
		Ieșire	x	2,5	3	4	4	4,5	4,5
	Înălțimea capului		k	8	10	13	14	15	17
	Guler ($D_2 < S$)		$D_{2\,min}$	20	25	30	34	39	43,5
			$d_{a\,max}$	15,2	19,2	24,4	26,4	28,4	32,4
			c_2	0,4	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8
	Raza de racordare		r_{min}	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	2,0
	Deschiderea cheii		s	22	27	32	36	41	46
	Diametrul capului		D_{min}	24,9	30,5	36,2	40,7	46,3	52,0
Piuliță Pr. STAS 8796/2-76 DIN 6915	Diametrul exterior		d_2	20	25	30	34	39	43,5
	Diametrul capului		D_{min}	24,9	30,5	36,2	40,7	46,3	52,0
	Înălțimea capului		m	10	13	16	18	19	22
	Deschiderea cheii		S	22	27	32	36	41	46
	Masa, kg/1000 buc.		G	23,3	44,8	73,9	104	155	22,4

Tabelul 1.39 (continuare)

Diametrul nominal la filet		d	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27
Grosimea pieselor care pot fi strînse cu șuruburi IP cu lungimea l egală cu :	l=40 mm	Σt=	16–20	10–14	–	–	–	–
	45		21–23	15–19	–	–	–	–
	50		24–28	20–24	15–19	–	–	–
	55		29–33	25–29	20–24	19–23	–	–
	60		34–38	30–34	25–29	24–28	22–26	–
	65		39–43	35–39	30–34	29–33	27–31	–
	70		44–48	40–44	35–39	34–38	32–36	27–31
	75		–	45–47	40–44	39–43	37–41	32–36
	80		–	48–52	45–49	44–48	42–46	37–42
	85		–	53–57	50–54	49–53	47–51	43–47
	90		–	58–62	55–57	54–56	52–55	48–52
	95		–	–	58–62	57–61	56–58	53–57
	100		–	–	63–67	62–66	59–63	58–60
	105		–	73–77	68–72	67–71	64–68	61–65
	110		–	–	73–77	72–76	69–73	66–70
	115		–	–	–	77–81	74–78	71–75
	120		–	–	–	82–86	79–83	76–80
	125		–	–	–	87–91	84–88	81–85
	130		–	–	–	92–96	89–93	86–90
	135		–	–	–	–	94–98	91–95
	140		–	–	–	–	99–103	96–100
	145		–	–	–	–	104–108	101–105
	150		–	–	–	–	109–131	106–110
	155		–	–	–	–	–	111–115
	160		–	–	–	–	–	116–120
	165		–	–	–	–	–	121–125

Calități :
Tabelul 1.8 și 1.9

Exemplu de notare pe desen a unui șurub de înaltă rezistență pretensionat, cu filet metric și diametrul la filet d=20 mm, lungimea tijei l=80 mm și cu caracteristici mecanice conform grupei 10.9 livrat în set :
Șurub IP-M 20×80 P+2 S STAS 8796-76 grupa 10.9

Tabelul 1.39 (continuare)

Diametrul nominal la filet		d	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27
Masa șuruburilor IP fără piuliță în kg/1 000 buc. având lungimea l egală cu:	l=40		56	105	—	—	—	—
	45		59	113	—	—	—	—
	50		64	121	194	—	—	—
	55		68	129	207	264	—	—
	60		72	137	219	279	353	—
	65		77	145	232	294	371	—
	70		81	153	244	309	389	519
	75		86	157	257	324	407	542
	80		90	165	269	339	425	564
	85		—	173	282	354	443	587
	90		—	181	288	363	449	609
	95		—	189	301	378	467	632
	100	$\Sigma\, l$ =	—	197	313	393	485	645
	105		—	205	326	408	503	666
	110		—	—	338	423	521	687
	115		—	—	351	438	539	708
	120		—	—	363	453	557	729
	125		—	—	376	468	575	750
	130		—	—	388	483	593	771
	135		—	—	—	498	611	792
	140		—	—	—	513	629	813
	145		—	—	—	—	647	834
	150		—	—	—	—	665	855
	155		—	—	—	—	683	876
	160		—	—	—	—	700	897
	165		—	—	—	—	—	918
Masa piuliților, kg/1 000 buc.			**23,3**	**44,8**	**73,9**	**104**	**155**	**224**

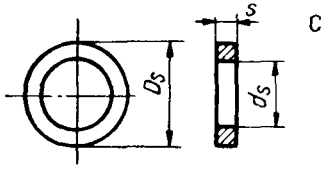
***Observații*:** [1] **Lungimea filetului pentru grosimi de pachete peste linia neagră.**
[2] **Lungimea filetului pentru grosimi de pachete sub linia neagră.**

Calități: Tabelul 1.8 și 1.9

Tabelul 1.40

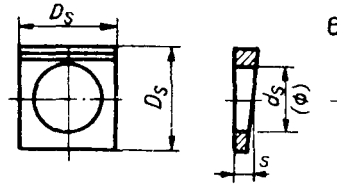
ȘAIBE PENTRU ÎMBINĂRI CU ȘURUBURI
Dimensiuni

a



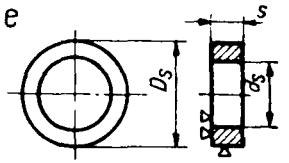
Șaibă 22

c



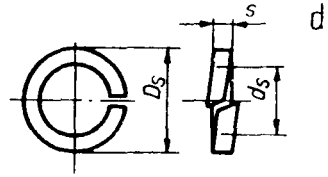
Șaibă U φ 23

e



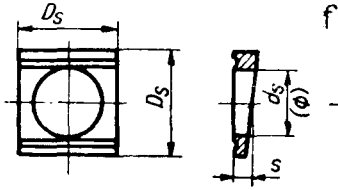
Șaibă groasă 21,5

b



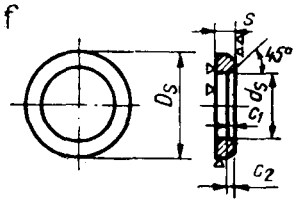
Șaibă Grower MN 20

d



Șaibă I φ 23

f



Șaibă IP-M 24 STAS 8796/3-76

Șaibă	STAS	Schema	d	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	M 36
Uzuală	1388-72	*a*	D_s	24	28	30	34	37	39	44	50	56	66
			d_s	14	16	18	20	22	24	26	30	38	39
			s	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0
Grower serie mijlocie	7666-66	*b*	D_s	18,2	20,6	23,3	26,3	29,5	32,5	35,5	39,5	43,5	52,5
			d_s	12,2	14,2	16,3	18,3	20,5	22,5	24,5	27,5	30,5	36,5
			s	3,0	3,2	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	8,0
Profil U	2242-57	*c*	D_s	30	—	36	—	44	50	56	—	62	—
			d_s (⌀)	14	—	18	—	23	25	27	—	33	—
			s	3,7	—	4,5	—	5,3	6,0	6,3	—	6,5	—
Profil I	2242-57	*d*	D_s	30	—	36	—	44	50	56	—	62	—
			d_s (⌀)	14	—	18	—	23	25	27	—	33	—
			s	1,1	—	5,0	—	6,1	6,5	6,9	—	7,4	—
Groasă	Nestandardizate DIN 7989	*e*	D	24	—	30	—	36	40	44	50	56	68
			d_s	13,5	—	17,5	—	21,5	24	26	29	32	38
			s	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IP (înaltă rezistență pretensionat)	Pr. STAS 8796/3-76 DIN 6916	*f*	D_s	28	—	34	—	39	44	50	56	—	—
			d_s	13	—	17	—	21	23	25	28	—	—
			s	4	—	4	—	5	5	6	6	—	—
			c_1	1,6	—	1,6	—	1,9	1,9	1,9	2,0	—	—
			c_2	1,0	—	1,0	—	1,25	1,25	1,5	1,5	—	—

Calități: Tabelul 1.8 | **Masa:** Tabelul 1.37 | Exemplu de notare pe desen șaibe pentru M 20, vezi schemele *a*, *b*, ..., *f*

Tabelul 1.41

Principalii furnizori din R. S. România de produse din care se confecționează construcțiile metalice

A. *Produse laminate*

Produsul	STAS	Marca oțelului									
		OL 32	OL 34	OL 37	OL 42	OL 44	OL 52	OL 50	OL 60	OL 70	Alte
Oțel I	565-71			CSH CSR			CSH CSR				
Oțel U	564-71			CSH CSR			CSH				
Oțel cornier cu aripi egale	424-71			CSH CSR	CSR		CSH				
Oțel cornier cu aripi neegale	425-70			CSR	CSR						
Oțel T	566-68		OR	OR							
Oțel pătrat	334-74	CSR ISCT LB OR	CSR ISCT LB OR	CSR ISCT LB OR	CSR ISCT LB OR		OR	CSR ISCT LB OR	CSR ISCT LB OR	CSR ISCT LB OR	
Oțel rotund	333-71	CSH CSR ISCT LB	CSH CSR ISCT LB	CSH CSR ISCT LB	CSH CSR ISCT LB		CSH CSR	CSH CSR ISCT LB	CSH CSR ISCT LB	CSH CSR ISCT LB	
Bandă de oțel laminată la cald	908-69	OR	OR	OR	OR			OR	OR	OR	
Oțel lat	395-68	CSH CSR ISCT LB OR	CSH CSR ISCT LB OR	CSH CSR ISCT LB OR	CSH CSR ISCT LB OR	—	CSR LB	CSH CSR ISCT LB OR	CSH CSR ISCT LB OR	CSH CSR ISCT LB OR	
Platbande		Se obține din tablă groasă prin tăiere de către uzina de construcții metalice									
Table groase	437-73	CSG	CSG	CSR CSG	CSR CSG	CSG	OR	CSR CSG	CSG	—	—
Tablă subțire	901-74	OR LTG	OR LTG CN	OR LTG CN	OR LTG		OR LTG	OR LTG	OR LTG	OR LTG	
Tablă zincată	2028-71	OR LTG	OR LTG CN								

CSH — Combinatul siderurgic Hunedoara ; OR — Uzina „Oțelul Roșu" ; CN — „Ciocanul" — Nădrag ;
CSR — Combinatul siderurgic Reșița ISCT — „Industria sîrmei" — Cîmpia Turzii ; LTG — „Laminorul de tablă subțire" — Galați.
CSG — Combinatul siderurgic Galați ; LB — „Laminorul" — Brăila ;

Tabelul 1.41 (continuare)

Produsul	STAS	Marca oțelului									
		OL 32	OL 34	OL 37	OL 42	OL 44	OL 52	OLT 32	OLT 35	OLT 45	OLT 55
Tablă ondulată	2029-68	OR	OR								
Țevi din oțel fără sudură laminate la cald	404/1,2-71							R FTR	R FTR	R FTR	R FTR
Țevi din oțel fără sudură trase sau laminate la rece pentru construcții	530/1,2-71							R	R	R	R
Țevi sudate longitudinal pentru construcții	7657-71	UMI						UMI **	UMI **		
Țevi profilate din oțel fără sudură pătrate și dreptunghiulare	6086-70							R	R	R	R
Țevi sudate elicoidal	6898-68					FTS	FTS				
Profile din bandă de oțel formată la rece	8250-68 7835-67 8296-69	UMI	UMI	UMI ***	UMI ***						

B. Produse pentru îmbinări

Produsul	STAS	Marca oțelului									
		OL 32	OL 34	OL 37	OL 44	OL 50	OLC 15	OLC 35	41MoC11	33MoC11	
Nituri	797-67 3165-67 801-67 802-67		Fabrica de șuruburi Bacău								
Șuruburi și șaibe	Vezi paragraf 1.3.2		Fabrica de șuruburi — Brașov — Bacău — Mediaș								
Electrozi	1125-69 7240-69	Vezi tabelul			1.10	Industria sîrmei — Cîmpia Turzii					
					1.11	Fabrica de sîrmă și produse din sîrmă — Buzău					

* Clasa de calitate 4 se livrează numai sub formă de table groase.

** La înțelegere.

*** Numai din benzi laminate la cald.

FTS — Fabrica de țevi sudate București
UMG — Uzina metalurgică — Grivița ;
UMI — Uzina metalurgică — Iași ;
R — Uzina „Republica" — București ;
FTR — Fabrica de țevi — Roman ;

1.3.2. Elemente de îmbinare

Nituri cu cap semirotund	STAS 797-67
Nituri cu cap înecat	STAS 3165-57
Nituri cu cap semiînecat	STAS 802-67
Nituri cu cap tronconic	STAS 801-67
Șuruburi grosolane cu cap hexagonal	STAS 920-69
Șuruburi semiprecise cu cap hexagonal	STAS 6220-69
Șuruburi de înaltă rezistență cu pretensionare (IP)	Pr. STAS 8796/1-76
Șuruburi pentru fundații	STAS 2350-70
Șuruburi fără cap	STAS 2351-70
Șuruburi cu cap ciocan și nas	STAS 2569-71
Piulițe grosolane hexagonale	STAS 922-76
Piulițe semiprecise hexagonale	STAS 6218-69
Piulițe pentru șuruburi de înaltă rezistență cu pretensionare (IP)	Pr. STAS 8796/2-76
Șaibe uzuale	STAS 1388-72
Șaibe pentru profile U și I	STAS 2242-57
Șaibe pentru șuruburi de înaltă rezistență cu pretensionare (IP)	Pr. STAS 8796/3-76
Inele de siguranță (șaibe Grower)	STAS 7666-66
Electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor. Condiții generale	STAS 1125-69
Electrozi înveliți pentru sudarea oțelurilor carbon și slab aliate	STAS 7240-69
Sîrme de oțel pentru sudare	STAS 1126-76
Stabilirea clasei de calitate a sudurilor cerută la proiectare	C 150-72.

1.4. Exemple de alegere a calității materialului

Exemplul 1.1. Să se aleagă marca și clasa de calitate a oțelului din care se confecționează talpa întinsă a grinzii principale de susținere a fermei de acoperiș într-o hală cu atmosferă ușor agresivă, știind că :

— grinda principală susține o fermă de acoperiș care aduce, în general, încărcări statice din șarpantă ;

— grinda principală, simplu rezemată de 24,0 m deschidere, prezintă o importanță mare în desfășurarea procesului tehnologic din hală ;

— temperatura cea mai scăzută în hală ajunge la 0°C ;

— grinda se execută în uzină, în soluție sudată ;

— din calculul de dimensionare, pentru talpa întinsă a rezultat o grosime t=20 mm.

Rezolvare :

A. *Alegerea categoriei și a mărcii oțelului*

1) Categoria oțelului. În funcție de regimul de lucru și atmosfera din hală, precum și de modul de execuție a grinzii, se alege un oțel cu granulație fină, cu rezistență mărită la coroziune atmosferică, un oțel slab aliat pe bază de crom, cupru și vanadiu.

2) Marca oțelului. Pentru a satisface condițiile de mai înainte, se alege marca de oțel ORCA 52B cu limită de curgere minimă de 36 daN/mm².

3) Grosimea produsului. Din calculul de rezistență, pentru talpa întinsă a grinzii principale a rezultat o grosime de produs de 20 mm.

B. *Alegerea clasei de calitate a oțelului*

Clasa de calitate se stabilește cu ajutorul metodei coeficientului de periculozitate, cu relația (1.1) :

$$G = K\ S\ B = 1{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 1{,}4$$

unde : K = 1,4, pentru elemente sudate cu secțiunea dublu T ;
S = 1,0, deoarece grinda principală prezintă o importanță deosebită ;
B = 1,0, grinda principală este supusă la solicitări preponderente statice.

Considerînd că materialul nu a fost deformat la rece, pentru G = 1,4, grosimea produsului t = 20 mm și temperatura de exploatare cuprinsă între +15°C și −10°C, din fig. 1.1 rezultă clasa de calitate 3, calmat.

Exemplul 1.2. Să se stabilească marca și clasa de calitate a tablei de oțel necesare pentru confecționarea conductei forțate de la o centrală hidroelectrică, cunoscînd că :

— conducta este pozată la suprafața solului și este de o importanță foarte mare ;

— pereții conductei sînt solicitați preponderent la întindere din presiunea interioară a apei, iar la închiderea vanelor sînt supuși la șocuri din lovituri de berbec ;

— pe timp de iarnă temperatura mediului coboară pînă la −35 °C, iar vara ajunge la maximum +25 °C ;

— conducta se execută, în tronsoane transportabile, în uzină, iar la șantier se ambalează cu cusături de sudură de montaj. Deformarea plastică a materialului, în timpul execuției, nu depășește 1,5%.

Rezolvare

A. *Alegerea categoriei și a mărcii oțelului*

1) Categoria oțelului. Avînd în vedere modul de execuție și nivelul solicitărilor se va alege un oțel cu granulație fină din categoria oțelurilor de uz general pentru construcții.

2) Marca oțelului. Se poate alege oțelul OL52.4B aliat cu vanadium sau oțelul cu granulație fină pentru construcții sudate, marca OCS 52. Prima marcă de oțel, pentru treapta de grosime 16 mm $\leqslant a \leqslant$ 40 mm are limita de curgere minimă de 35 daN/mm², iar cea de a doua, de 42 daN/mm². După valoarea limitei de curgere, se recomandă marca de oțel OCS 52.

3) Grosimea produsului. Din calculul de dimensionare a conductei forțate a rezultat o grosime de perete de t=40 mm.

B. *Alegerea clasei de calitate a oțelului*

Se calculează coeficientul de periculozitate, cu relația (1.1), astfel :

$$G = K\ S\ B = 1{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}4 = 1{,}96 \approx 2.$$

Valorile factorilor K, S și B s-au determinat din tabelul 1.6, în funcție de datele problemei.

În funcție de grosimea produsului, valoarea lui G și temperatura de exploatare (coloana „sub −25°C") din fig. 1.1, rezultă clasa de calitate 4, calmat.

Dacă se folosește oțel marca OL 52, avînd în vedere nivelul temperaturii de exploatare, atunci se va pretinde clasa de calitate 4II (cu garantarea energiei de rupere KV la −40°C).

Dacă se folosește oțel marca OCS 52, se va pretinde clasa de calitate 6a, care garantează energia de rupere KV, la −40°C.

În ambele cazuri oțelul va fi calmat.

Exemplul 1.3. Să se aleagă marca și calitatea materialului de bază și de adaos pentru grinda principală de la o stavilă plană de suprafață, cunoscînd că :

— stavila are deschiderea $L = 16{,}0$ m, înălțimea de reținere $H = 3{,}6$ m și prezintă o importanță deosebită ;

— la proiectarea stavilei au rezultat două grinzi principale cu secțiunea simetrică avînd tălpile de 250×18 și inima de $10 \times 1\,100$;

— stavila este exploatată în condiții de temperatură ce nu coboară sub −10°C.

Rezolvare

A. *Alegerea categoriei și mărcii oțelului*

1) Categoria oțelului. Avînd în vedere mediul care favorizează coroziunea, se alege un oțel rezistent la coroziune.

2) Marca oțelului. Ținînd seama de problemele de stabilitate locală a inimii, se alege un oțel cu rezistențe normale, marca ORCA 37, cu limita de curgere de 24 daN/mm².

3) Grosimea produsului. Tălpile grinzii au grosimea de 18 mm iar inima de 10 mm.

B. *Alegerea clasei de calitate a oțelului*

Pentru aceasta se calculează coeficientul de periculozitate cu relația (1.1) :

$$G = K\ S\ B = 1{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 1{,}4.$$

Valorile factorilor K, S, B s-au scos din tabelul 1.6, în funcție de datele inițiale ale problemei.

Din fig. 1.1, în funcție de temperatura de exploatare, valoarea coeficientului G și grosimea produsului, rezultă pentru inimă clasa de calitate 2, iar pentru talpa întinsă clasa de calitate 3 și talpa comprimată clasa de calitate 1 sau 2.

Pentru tălpile grinzilor din oțel cu inimă plină, în aceleași condiții de exploatare din fig. 1.1, pot rezulta clase de calitate ale oțelului diferite ca urmare a solicitărilor simple de întindere sau de compresiune. În asemenea situații pentru ambele tălpi se va adopta aceeași clasă de calitate : clasa de calitate superioară. În cazul analizat, tălpile se vor confecționa din oțel avînd clasa de calitate 3.

C. *Alegerea calității materialului de adaos*

Pentru sudarea grinzilor principale de la stavila plană, în conformitate cu indicațiile din tabelele 1.10 și 1.11 se recomandă folosirea electrozilor înveliți E.44.T, fabricați la Cîmpia Turzii, sau Superbaz, fabricați la Buzău. Pentru sudură automată sub strat de flux se indică folosirea sîrmei S10X și a fluxului FSM-37.

Exemplul 1.4. Să se determine domeniul în care poate să varieze grosimea mantalei unui gazometru sferic, știind că :

— gazometrul va inmagazina un gaz lichefiat la presiunea de 6 at și temperatura de −8 °C ;

— se dispune de tablă de oțel marca OL 52.3 k ;

— funcționarea normală a gazometrului este de mare importanță, deoarece gazul este toxic ;

— temperatura cea mai ridicată a metalului este +15 °C.

Rezolvare

Se calculează coeficientul de periculozitate, cu relația (1.1) :

$$G = K\ S\ B = 2{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 2{,}0$$

unde, din tabelul 1.6 au rezultat valorile factorilor :

$K = 2{,}0$ pentru construcții sudate supuse la solicitări biaxiale, cum este pînza gazometrului ;

$S = 1{,}0$ pentru elemente de construcții (pînza gazometrului) de importanță deosebită ;

$B = 1{,}0$ deoarece pînza gazometrului este solicitată static la presiunea de serviciu din interior.

Pînza gazometrului sferic este solicitată în principal la întindere sub acțiunea presiunii interioare.

Din diagramă (fig. 1.1), pentru $t = -8$ °C ; $G = 2{,}0$ și clasa de calitate 3, rezultă că se pot folosi table de oțel cu grosimea cuprinsă între 12 și 30 mm.

Exemplul 1.5. Pentru grinzile căilor de rulare proiectate pentru deservirea unui depozit de produse semifinite din oțel, se cere să se stabilească calitățile oțelurilor și ale elementelor de îmbinare, cunoscînd că :

— pe grinzi circulă cinci poduri rulante cu cîte două cîrlige fiecare de capacitate de ridicare diferită : 2 poduri cu $Q = 500/125$ kN ; 2 poduri cu $Q = 320/80$ kN și un pod cu $Q = 160/40$ kN cu deschiderea $L_p = 22{,}0$ m, în regim greu de lucru ;

— grinda căii de rulare continuă de 18,0 m deschidere are în zona solicitărilor maxime secțiunea transversală prezentată în fig. 1.2 ;

— exploatarea depozitului se face tot timpul anului, temperatura minimă putînd coborî pînă la −25°C ;

— joantele de montaj ale grinzii căii de rulare se execută cu șuruburi.

Rezolvare

A. *Marca și calitatea oțelului*

Marca și calitatea oțelului folosit pentru confecționarea diferitelor elemente ale estacadei metalice ce servește depozitul va fi diferită, după necesitate.

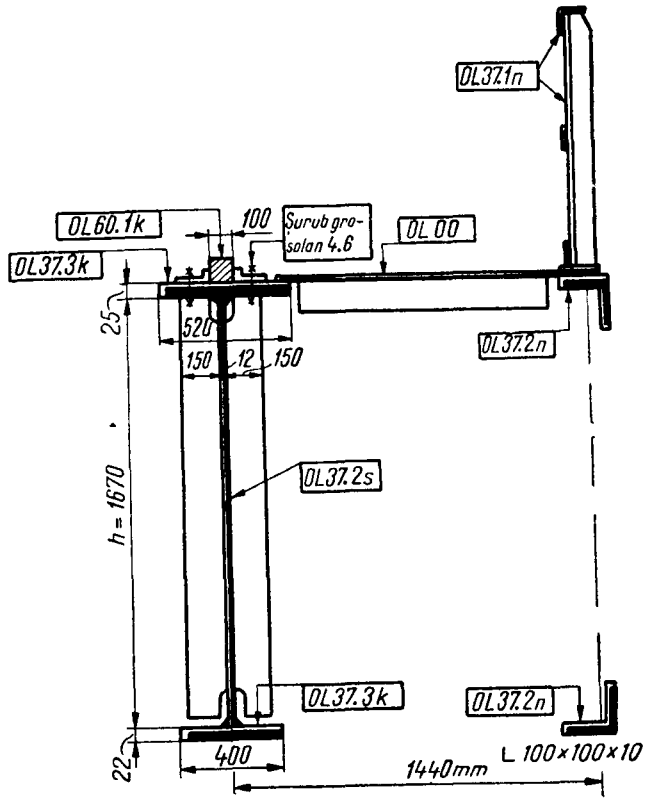


Fig. 1.2

Stabilirea mărcii și calității oțelurilor se va face pe baza indicațiilor date în tabelele 1.5, 1.6 și fig. 1.1.

1) Grinzile căilor de rulare. Avînd în vedere că grinzile căilor de rulare sînt elemente principale de rezistență, supuse unor încărcări dinamice mari și exploatate în regim greu de lucru, în condițiile unor temperaturi care pot coborî pînă la −25°C, pe baza indicațiilor din tabelul 1.5, se recomandă pentru confecționarea acestora un oțel normal, marca OL 37, elaborat prin procedeul Siemens-Martin sau procedeul convertizorului cu oxigen, avînd sudabilitatea obligatorie.

Clasa de calitate a oțelului se stabilește definitiv pe baza indicațiilor din tabelul 1.6 și fig. 1.1, cu ajutorul metodei coeficientului de periculozitate dat de relația (1.1), astfel:

$$G = K\ S\ B = 1{,}4 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}0 = 0{,}98 \approx 1{,}0$$

unde: $K = 1{,}4$, pentru elemente sudate avînd secțiunea în formă de dublu T (v. tabelul 1.6);

$S = 0{,}7$, grinda căii de rulare este un element foarte important al estacadei metalice și determină siguranța în exploatare a acesteia;

$B = 1{,}0$, grinda căii de rulare este supusă la solicitări dinamice, însă fără șocuri.

În funcție de valoarea $G = 1{,}0$, temperatura de exploatare cuprinsă între −10°C și −25°C și considerînd că materialul nu a fost deformat plastic la rece, se determină clasa de calitate a oțelului pentru diferite grosimi ale elementelor componente ale grinzii, cu ajutorul diagramei din fig. 1.1.

Pentru inima grinzii, cu grosimea $t_i = 12$ mm, rezultă din diagramă un oțel clasa 2 de calitate, semicalmat, adică un oțel cu simbolul OL37.2s.

Pentru tălpile grinzii, cu grosimea $t = 22$ mm la talpa inferioară și $t = 25$ mm la talpa superioară, rezultă un oțel avînd clasa 3 de calitate, calmat, adică un oțel cu simbolul OL37.3k.

2) Șinele de rulare. Avînd în vedere condițiile de lucru a șinelor de rulare și indicațiile de la pct. 1.1.1, se prevede ca acestea să fie confecționate dintr-un oțel carbon marca OL 60, avînd clasa 1 de calitate, calmat, adică un oțel cu simbolul OL60.1k.

3) Grinda secundară cu zăbrele. Avînd în vedere că grinda secundară verticală cu zăbrele este un element de importanță mai redusă decît grinda căii de rulare, supusă numai acțiunii directe a încărcărilor de pe pasarela de circulație, pe baza indicațiilor din tabelul 1.5 se prevede a se executa din oțel normal marca OL37, elaborat prin oricare procedeu industrial.

Clasa de calitate a oțelului se stabilește, ca și în cazul precedent, ținînd seama că execuția grinzii cu zăbrele se face în soluție sudată. În funcție de coeficientul de periculozitate $G = K\ S\ B = 1{,}0 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}0 = 0{,}7$, temperatura de exploatare și grosimea aripii cornierelor $g = 10$ mm, din diagrama prezentată în fig. 1.1 rezultă un oțel avînd clasa de calitate 1 sau 2. Ținînd seama că grinda verticală secundară face parte dintr-un ansamblu important, este indicat ca să se aleagă un oțel avînd clasa 2 de calitate, necalmat, adică un oțel cu simbolul OL37.2n.

4) Grinda orizontală de frînare. Deoarece grinda orizontală de frînare îndeplinește și funcția de pasarelă de circulație, este indicat ca aceasta să se execute din tablă striată pentru a se evita alunecările. În prezent tabla striată se laminează numai din oțel marca OL 00.

5) Balustrada pasarelei de circulație. Atît montanții cît și mîna curentă se vor executa dintr-un oțel normal marca OL 37, avînd clasa de calitate 1, necalmat.

B. *Calitatea materialelor de îmbinare*

Grinzile căilor de rulare se execută în uzină în soluție sudată, în tronsoane de lungime și greutate ușor de transportat și se montează la șantier. Din acest motiv materialele de îmbinare folosite sînt de o diversitate mai mare și calitatea lor se stabilește separat pentru fiecare caz în parte.

1) Electrozii. Electrozii folosiți se stabilesc pe baza indicațiilor din tabelele 1.10 și 1.11, în funcție de importanța elementului în ansamblul grinzii de rulare.

La grinda căii de rulare, dacă se execută cu sudură manuală, prinderea tălpilor de inimă se recomandă să se facă cu electrozi E.44.T cu grosimea de 4 mm sau electrozi Superbaz. Dacă prinderea se execută cu sudură automată, așa cum se recomandă, atunci se va folosi sîrma de sudare S10X și fluxul

FSM-37. Înnădirea platbandelor care formează tălpile se va executa cu electrozi E.42.B, E.46.B sau Superbaz cu diametrul de 4 mm sau 5 mm, iar primul strat la rădăcină se va depune cu electrozi de 3,25 mm diametru. Pentru sudarea cornierelor de prindere la șina de rulare se vor folosi electrozi E.50.B sau Superbaz. Grinda secundară cu zăbrele se asamblează cu electrozi E.42.A : E.44.C sau Supertit. Parapetul se sudează cu electrozi E.38.T sau Supertit.

La alegerea electrozilor se va avea în vedere, pe lîngă caracteristicile mecanice ale metalului depus, și costul diferitelor tipuri de electrozi.

2) Șuruburi. Alegerea calității șuruburilor se face pe baza tabelelor 1.8 și 1.9, luînd în considerare mărimea solicitărilor, modul de lucru al îmbinării etc. Astfel, prinderea șinei de grinda de rulare se va face cu șuruburi grosolane, cu simbolul caracteristicilor mecanice 4.6. Înnădirea grinzii căii de rulare, fiind vorba de o îmbinare la care șuruburile sînt puternic solicitate la forfecare, se recomandă să se execute cu șuruburi păsuite sau șuruburi de înaltă rezistență pretensionate IP. Simbolul caracteristicilor mecanice ale șuruburilor va fi :

— la șuruburi păsuite 4.6 sau 4.8 ;

— la șuruburi de înaltă rezistență pretensionate 8.9 sau 10.9.

2. ELEMENTE GENERALE DE DIMENSIONARE A CONSTRUCȚIILOR DIN OȚEL

2.1. Generalități

2.1.1. Unități de măsură

Unitățiile de măsură obligatorii prin lege în R. S. România sînt cele în Sistemul Internațional (SI).

În tabelul 2.1 se prezintă denumirea, simbolul, factorul dimensional și echivalența cu sistemul vechi (MKfS) a principalelor mărimi mecanice exprimate în Sistemul Internațional (SI).

Tabelul 2.1

Mărimi mecanice exprimate în sistemul SI

Nr. crt.	Mărimi mecanice	Denumirea unității de măsură în sistemul SI	Simbol	Factor dimensional	Echivalența cu unități de măsură în sistemul vechi (MKfS)
1	Forțe, încărcări concentrate	newton	N	$N = m \cdot kg \cdot s^{-2}$	$1N = 0{,}102$ kgf
2	Încărcări distribuite	newton pe metru	$\frac{N}{m}$	$\frac{N}{m} = kg \cdot s^{-2}$	$1\frac{N}{m} = 0{,}102\frac{kgf}{m}$
3	Momente încovoietoare	newton metru	Nm	$Nm = m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	$1Nm = 0{,}102$ kgfm
4	Efort unitar (tensiune mecanică)	newton pe milimetru pătrat	$\frac{N}{mm^2}$	$\frac{N}{mm^2} = m^{-1} \cdot 10^6 \cdot kg \cdot s^{-2}$	$1\frac{N}{mm^2} = 0{,}102\frac{kgf}{mm^2}$
5	Presiune	pascal	Pa	$Pa = m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$	$1Pa = 10{,}2 \cdot 10^{-4}$ atm
		newton pe metru pătrat	$\frac{N}{m^2}$	$\frac{N}{m^2} = m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$	$1\frac{N}{m^2} = 0{,}102 \cdot 10^{-4}$ atm.
6	Lucru mecanic, energie	joule	J	$J = m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	$1J = 0{,}102$ kgfm
7	Putere	watt	W	$W = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	$1W = 1{,}36 \cdot 10^{-3}$ PS $1W = 0{,}102\frac{kgfm}{s}$

Tabelul 2.2

Denumirile și simbolurile prefixelor

Multiplii			Submultiplii		
Denumirea prefixului	Simbolul	Factorul de multiplicare	Denumirea prefixului	Simbolul	Factorul de multiplicare
deca	da	10^1	deci	d	10^{-1}
hecto	h	10^2	centi	c	10^{-2}
kilo	k	10^3	mili	m	10^{-3}
mega	M	10^6	micro	μ	10^{-6}
giga	G	10^9	nano	n	10^{-9}
tera	T	10^{12}	pico	p	10^{-12}
—	—	—	femto	f	10^{-15}
—	—	—	atto	a	10^{-18}

Tabelul 2.3

Unități de măsură SI

Nr. crt.	Mărimi mecanice	Unități de măsură SI și corespondența în sistemul vechi MKfS	
		SI	MKfS
1	Forțe, încărcări concentrate	1 daN	1 kgf
		10 kN	1 tf
2	Încărcări distribuite	1 daN/m	1 kgf/m
		10 kN/m	1 tf/m
		1 daN/m²	1 kgf/m²
		10 kN/m²	1 tf/m²
3	Efort unitar (tensiune mecanică), presiune	1 daN/mm²	1 kgf/mm²
		1 daN/cm²	1 kgf/cm²
		10 kN/cm²	1 tf/cm²
4	Moment încovoietor	1 daNcm	1 kgfcm
		1 daNm	1 kgfm
		10 kNm	1 tfm
5	Lucru mecanic, energie	1 daJ	1 kgfm

Multiplii și submultiplii zecimali ai unităților SI se formează cu ajutorul prefixelor. În tabelul 2.2 se prezintă denumirile și simbolurile prefixelor utilizate pentru formarea multiplilor și submultiplilor zecimali ai unităților SI.

Multiplii și submultiplii zecimali ai unităților SI nu sînt unități propriu-zise ale Sistemului Internațional de unități.

În vederea simplificării calculelor de dimensionare a elementelor pe construcții din oțel, în standardele de specialitate se acceptă următoarele :

— accelerația gravitației $g = 9{,}80665\ \text{m/s}^2 \approx 10{,}0\ \text{m/s}^2$, aproximare care nu influențează mult precizia calculelor ;

— pentru folosirea tabelelor din literatura tehnică scrisă cu vechile unități de măsură (MKfS) și pentru evitarea unor greșeli în ordinul de mărime, care pot avea consecințe catastrofale în construcții, pînă la însușirea generalizată a noului sistem de unități, în lucrare se vor folosi unitățile de măsură SI din tabelul 2.3.

2.1.2. Metode de calcul ale construcțiilor din oțel

Calculul construcțiilor din oțel, după normele în vigoare în R.S. România, se face în stadiul elastic. La grinzile continue cu deschideri identice sau la care deschiderile nu diferă între ele cu mai mult de 20%, încărcate static cu încărcări uniform repartizate și asigurate contra pierderii stabilității generale, calculul static poate fi condus cu luarea în considerare a comportării elastico-plastice a materialului.

Dimensionarea elementelor de construcții din oțel, în cazul construcțiilor civile, industriale și agricole, se face cu metoda stărilor limită (M.St.L.), oficializată în R.S. România prin STAS 10108/0-78.

Elementele din oțel ale construcțiilor hidrotehnice și podurilor din oțel (pasarele, poduri de șosea și cale ferată) se dimensionează cu metoda rezistențelor admisibile (M.R.A.).

2.1.3. Acțiuni în construcții

Acțiunile luate în considerare în calculul construcțiilor, în conformitate cu STAS 10101/0-75, se clasifică după criteriul frecvenței cu care intervin la anumite intensități, în :

— acțiuni permanente ;

— acțiuni temporare ;

— acțiuni excepționale.

2.1.3.1. **Acțiuni permanente (P).** Acțiunile permanente se aplică practic cu aceeași intensitate pe toată durata exploatării construcției. În cadrul acțiunilor permanente intervine în primul rînd greutatea proprie a elementului care se dimensionează, greutate care trebuie apreciată, precum și greutatea tuturor elementelor susținute de elementul în cauză. Un extras din STAS 10101/1-75 referitor la valoarea normată a greutății diferitelor tipuri de învelitori este dat în tabelul 2.4.

Tabelul 2.4

Încărcări permanente. Învelitori

(STAS 10101/1-75 – Extras)

Încărcarea dată în daN/m² de suprafață înclinată.

Denumirea materialului	Valoarea încărcării, în daN/m²
1. Azbociment (inclusiv șipcile și căpriorii)	
— plăci plane de 4 mm grosime (STAS 5584-73) :	
așezate simplu	24
așezate dublu	39
2. Carton bitumat de greutate medie, într-un singur strat acoperit cu bitum și presărat cu nisip (STAS 138-69)	5
3. Materiale bitumate în foi :	
— carton bitumat	2
— pînză bitumată	3
4. Mase bitumincase (soluții pentru amorsare, suspensii de bitum filerizat, mastic) :	
— celochit, strat rezultat în grosimea de 1,7–2 mm	2
— suspensie de bitum filerizat (subif) strat rezultat în grosime de 1,5 mm	2
5. Straturi ce servesc la bariere de vapori :	
— două straturi de bitum topit cu circa 20% filer aplicat peste strat de amorsaj	3,5
— un strat de carton bitumat tip GA 500 (STAS 138-69) între două straturi de bitum cu circa 20% filer aplicat peste un strat de amorsaj	6
6. Straturi ce servesc la izolația hidrofugă la acoperișuri :	
— trei straturi de carton bitumat tip GA 500 (STAS 138-69) între patru straturi de bitum filerizat cu 20% filer aplicat peste un strat de amorsaj cu protecție dintr-un strat uniform de nisip grăunțos	17,5
— două straturi din pînză bitumată A 55 (STAS 1046-67) și un strat de carton bitumat GA 500 (STAS 138-69) între patru straturi de bitum cu circa 20% filer aplicate peste un strat de amorsaj cu un strat uniform de nisip grăunțos	19
— un strat de pînză bitumată tip A 55 (STAS 1046-67) și două straturi de împletitură din fibre de sticlă bitumate tip IA (STAS 7916-69) între patru straturi de bitum filerizat cu circa 20% filer aplicate peste un strat de amorsaj și presărată cu un strat uniform de nisip grăunțos	17,5
7. Straturi de protecție utilizate la hidroizolare aplicate la acoperișuri peste hidroizolația termică :	
— mortar bituminos cu subif (pentru 1 mm grosime)	0,2
— nisip Ø1–3 mm așternut uniform	3
— un strat uniform de nisip grăunțos așternut într-un strat de mastic fierbinte (strat unic, exclusiv bitumul)	20
8. Izolații termice	
— Beton (pentru 1 cm grosime) :	
— celular autoclavizat	6,5
— cu agregate de zgură expandată	12
— celular autoclavizat tip G.B.U.	6
— celular autoclavizat tip G.B.C.	6
— azbest plăci (pentru 1 cm grosime)	12
— Materiale plastice (pentru 1 cm grosime) :	
— masă celulară Ampora	0,3
— polistiren expandat	0,3

Tabelul 2.4 (continuare)

Denumirea materialului	Valoarea încărcării, în daN/m²
— spumă rigidă de poliuretan	0,6
— PFL poros (pentru 1 cm grosime)	4,5
— Plăci de plută expandată (pentru 1 cm grosime)	1,5
9. Izolații fonice la pardoseli (pentru 1 cm grosime) :	
— Pîslă minerală P 90 în covoare de 1,5 ; 2,0 ; 2,5 cm grosime (tip SILAN)	0,9
— Vată minerală semirigidă în plăci de 1,0 ; 1,5 ; 2,0 cm grosime (tip SILAN) : A 90	0,9
A 100	1
— Pudretă de cauciuc la pereți (pentru 1 cm grosime)	10
— Vată minerală (tip SILAN) în saltele cu grosimi de 4,0–10 cm la tratamente acustice	1

2.1.3.2. **Acțiuni temporare (T).** Acțiunile temporare variază ca intensitate în timp și în anumite intervale pot chiar să lipsească.

După durata de solicitare, acțiunile temporare se împart în :

1) Acțiuni temporare de lungă durată, numite și cvasipermanente (C), ca de exemplu :

— greutatea utilajului specific exploatării (mașini-unelte, rezervoare, mașini de ridicat fixe etc.) ;

— greutatea conținutului în rezervoare, silozuri, conducte și presiunile pe pereții acestor construcții ;

— încărcările pe planșee în încăperile de depozitare, arhive etc. ;

— greutatea depunerilor de praf industrial ;

— variațiile de temperatură tehnologică ;

— tasările neuniforme și deplasările fundațiilor.

2) Acțiuni temporare de scurtă durată (V), ca de exemplu :

— încărcări distribuite sau concentrate din încărcare cu oameni pe acoperiș, planșee, scări etc. ;

— încărcări din convoaie de forțe (poduri de cale ferată, poduri de șosea) ;

— încărcări datorită mijloacelor de ridicare și transport cum sînt podurile rulante, grinzile rulante etc.

Încărcările normate aduse de poduri se determină cu relațiile din tabelul 2.5 în funcție de caracteristicile podurilor ;

— încărcări din zăpadă și eventual chiciură ;

— încărcări din vînt ;

— încărcări din variații de temperatură ;

— încărcări care pot să apară în timpul montajului și transportului.

În tabelele 2.6 ; 2.7 și 2.8 sînt date extrase din standarde privind valorile normate a unor încărcări temporare frecvent întîlnite.

În tabelul 2.6 se prezintă dimensiunile geometrice și gabaritele podurilor rulante (A) precum și apăsările roților, mase și vitezele de deplasare a podurilor rulante (B).

Tabelul 2.5

Construcții civile, industriale și agricole	Relații de calcul pentru forțele orizontale aduse roților podurilor rulante la fața superioară a șinelor de rulare				Conform STAS 10101/2A2-75
Nr. crt.	Forța orizontală provenită din	Suspensia încărcării	Simbolul forței	Formula de calcul a forței	Observații
1	Frînarea sau demararea podului (longitudinal)	Flexibilă sau rigidă	P_l^n	$P_l^n = \frac{1}{10}\sum_1^n P_{fr}$	Vezi a, b
2	Frînarea sau demararea căruciorului (transversal)	Flexibilă	P_t^n	$P_t^n = \frac{1}{20\,n_r}(Q+G_c)$	Vezi a, c, d
		Rigidă		$P_t^n = \frac{1}{10\,n_r}(Q+G_c)$;	
3	Lovirea podului în opritori (longitudinal)	Flexibilă	P_T^n	$P_T^n = \frac{m_f v_p^2}{f_T}$ sau $P_T^n = v_p\sqrt{m_f K_T}$	Vezi e, g, h, j
		Rigidă		$P_T^n = \frac{m_r v_p^2}{f_T}$ sau $P_T^n = v_p\sqrt{m_r K_T}$	f, g, h, i,
4	Deplasarea oblică a podului sau neparalelismul șinelor (transversal)	Flexibilă sau rigidă	P_S^n	$P_S^n = \frac{1}{5}P_{max}$	Numai pentru calculul prinderii șinei

OBSERVAȚII

1. Valorile normate ale intensității forțelor verticale transmise de roțile podurilor rulante se vor lua din STAS 800-68 ; STAS 6919-70 ; STAS 8407-69.

2. Pentru calculul elementelor de construcții forțele verticale și orizontale aduse de podurile rulante se iau în concordanță cu funcționarea lor reală posibilă în timpul exploatării, introducînd în calcul numărul de poduri ce acționează simultan, conform tabelului 2.12.

3. Notații în tabelul de mai sus :

a) n_r — numărul roților de pe un fir al căii de rulare ;

b) P_{fr} — valoarea forțelor de apăsare verticale transmise de fiecare roată frînată. (Se consideră frînate jumătate din numărul total al roților de pe o parte) ;

c) Q — încărcarea utilă maximă ;

d) G_c — greutatea căruciorului ;

e) $m_f = \frac{1}{g}\left[\frac{G_p}{2} + G_c\frac{L-l}{L}\right]$;

f) $m_r = \frac{1}{g}\left[\frac{G_p}{2} + (G_c+Q)\frac{L-l}{L}\right]$

L — deschiderea podului ; G_p — greutatea podului ; g — accelerația gravitației ; m_f, m_r — masa echivalentă cu suspensie flexibilă, respectiv rigidă ;

g) v_p — viteza podului rulant în timpul lovirii $= 0{,}7\,v_{p\,max}$ (m/s) ;

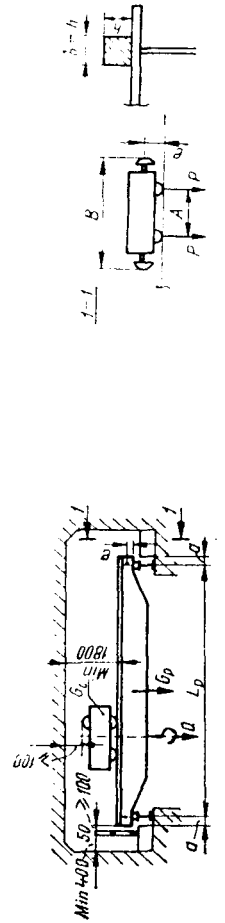
h) f_T — comprimarea tamponului care se ia : $f_T = 0{,}1$ m pentru suspensie flexibilă, $Q < 500$ kN grupele I, II, III ; $f_T = 0{,}2$ m pentru celelalte cazuri ;

i) P_{max} — valoarea forței verticale maxime, în kN ;

j) Calculul forței de lovire în tampon se face cu al doilea grup de formule numai atunci cînd se cunoaște constanța elastică K_T (în kN/m) a tamponului și nu se depășește comprimarea maximă a acestuia.

Tabelul 2.6

Construcții civile, industriale și agricole	**PODURI RULANTE DE UZ GENERAL** **A. Dimensiuni și gabarite** — Extras —	Conform STAS 800-68



Poduri rulante cu un cîrlig

Q (kN)	L_p (m)	Dimensiuni principale (în mm) în funcție de regimul de lucru al mecanismelor															
		Regim ușor						Regim mediu						Regim greu			
		A	B	a	e	b		A	B	a	e	b		A	B	a	e	b
0	1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11		12	13	14	15	16
50	9,0—11,5	3 200	4 450	250	200	60		3 200	4 550	250	250	60		3 200	4 550	250	250	60
	11,75—14,5																	
	14,75—20,5																	
	17,75—20,5	3 500	4 750					3 500	4 850					3 500	4 850			
	20,75—23,5																	
	23,75—27,0																	
	27,25—30,0	4 250	5 550					4 250	5 650					4 250	5 650			
	30,25—32,0																	

Tabelul 2.6 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
80	9,0—11,5 11,75—14,5 14,75—17,5 17,75—20,5 20,75—23,5 23,75—27,0 27,25—30,0 30,25—32,0	3 500 3 750 4 250	5 000 5 300 5 900	250	200 250	60	3 500 3 750 4 250	5 000 5 300 5 900	250	250	60	3 500 3 750 4 250	5 000 5 300 5 900	250	250	60
(100)	9,0—11,5 11,75—14,5 14,75—17,5 17,75—20,5 20,75—23,5 23,75—27,0 27,25—30,0 30,25—32,0	3 750 4 000 4 500	5 250 5 550 6 050	250	200 250	60	3 750 4 000 4 500	5 250 5 600 6 150	250	250 315	60	3 750 4 000 4 500	5 250 5 600 6 150	250	250 315	60
125	9,0—11,5 11,75—14,5 14,75—17,5 17,75—20,5 20,75—23,5 23,75—27,0 27,25—30,0 30,25—32,0	3 750 4 000 4 500	5 250 5 550 6 050	250	200 250	60	3 750 4 000 4 500	5 250 5 600 6 150	250	250 315	60	3 750 4 000 4 500	5 250 5 600 6 150	250	250 315	60
(160)	9,0—11,5 11,75—14,5 14,75—17,5 17,75—20,5 20,75—23,5	4 250 4 500	5 650 5 900	250	250	60	4 250 4 500	5 800 6 500	300	315	60	4 250 4 500	5 800 6 050	300	315	60
200	23,75—27,0 27,25—30,0 30,25—32,0 9,0—11,5 11,75—14,5 14,75—17,5 17,75—20,5 20,75—23,5 23,75—27,0 27,25—30,0 30,25—32,0	5 000 4 250 4 500 5 000	6 500 5 620 5 900 6 500	300 300	315 250 315	60	5 000 4 250 4 500 5 000	6 550 5 800 6 050 6 650	300	355 315 355 400	70 60 70 80	5 000 4 250 4 500 5 000	6 550 5 800 6 050 6 650	300	355 315 355 400	70 60 70 80

Poduri rulante cu două cîrlige

(160)/(50)	9,0—11,5 11,75—14,5 14,75—17,5 17,75—20,5 20,75—23,5 23,75—27,0 27,25—30,0 30,25—32,0	4 250 4 500 5 000	5 650 5 900 6 500	300	250 315	60	4 250 4 500 5 000	5 800 6 050 6 650	300	315 355 400	60 70 80	4 250 4 500 5 000	5 800 6 050 6 650	300	315 355 400	60 70 80
200/50	9,0—11,5 11,75—14,5 14,75—17,5 17,75—20,5 20,75—23,5 23,75—27,0 27,25—30,0 30,25—32,0	4 250 4 500 5 000	5 650 5 900 6 500	300	250 315	60	4 250 4 500 5 000	5 800 6 050 6 650	300	315 355 400	60 70 80	4 250 4 500 5 000	5 800 6 050 6 650	300	315 355 400	60 70 80

Tabelul 2.6 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
320/80	9,0—11,5	4 750	6 150	300	315	60	4 750	6 350	300	400	80	4 750	6 350	300	400	80
	11,75—14,5															
	14,75—17,5															
	17,75—20,5															
	20,75—23,5	5 300	6 950		355	70	5 300	7 050		450		5 300	7 050		450	
	23,75—27,0															
	27,25—30,0															
	30,25—32,0															
500/125	9,0—11,5	5 600	7 350	300	450	90	5 600	7 350	300	450	90	5 600	7 350	300	450	90
	11,75—14,5															
	14,75—17,5		7 500					7 500					7 500			
	17,75—20,5															
	20,75—23,5	6 000	7 900				6 000	7 900				6 000	7 900			
	23,75—27,0															
	27,25—30,0	6 300	8 100				6 300	8 100			100	6 300	8 100			100
	30,25—32,0															

Tabelul 2.6 (continuare)

Construcții civile, industriale și agricole	PODURI RULANTE DE UZ GENERAL B. Apăsarea roților, mase, viteze de deplasare a podurilor —Extras—												Conform : STAS 800-68
Q (kN)	L_p (m)	Apăsarea maximă a roților (kN), masa căruciorului și a podului inclusiv căruciorul (t) și viteza de deplasare a podului (m/min) pentru :											
		Regim ușor				Regim mediu				Regim greu			
		P_{max}	G_c	G_c+G_p	v_p	P_{max}	G_c	G_c+G_p	v_p	P_{max}	G_c	G_c+G_p	v_p
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Poduri rulante cu un cîrlig												
50	9,0—11,5	58,0	1,8	108,0	63	60,0	1,9	114,0	80	64,0	2,0	11,7	100
	11,75—14,5	61,0		125,0		63,0		132,0		68,0		14,0	
	14,75—17,5	68,0		155,0		70,0		162,0		75,0		17,0	
	17,75—20,5	73,0		168,0		75,0		180,0		80,0		19,0	
	20,75—23,5	80,0		190,0		85,0		210,0		90,0		22,0	
	23,75—27,0	85,0		210,0		90,0		230,0		95,0		24,5	
	27,25—30,0	98,0		255,0		102,0		260,8		107,0		28,0	
	30,25—32,0	105,0		270,0		110,0		290,0		115,0		30,0	
80	9,0—11,5	80,0	2,2	128,0	63	82,0	2,3	134,0	80	85,0	2,4	14,0	100
	11,75—14,5	86,0		150,0		88,0		155,0		92,0		16,0	
	14,75—17,5	95,0		176,0		98,0		180,0		102,0		19,0	
	17,75—20,5	100,0		198,0		102,0		200,0		108,0		21,5	
	20,75—23,5	110,0		224,0		112,0		228,0		115,0		24,5	
	23,75—27,0	120,0		254,0		123,0		260,0		126,0		27,5	
	27,25—30,0	135,0		320,0		140,0		328,0		144,0		33,3	
	30,25—32,0	140,0		332,0		142,0		340,0		148,0		34,5	
(100)	9,0—11,5	92,0	3,2	138,0	63	95,0	3,3	143,0	80	100,0	3,4	15,0	100
	11,75—14,5	100,0		157,0		105,0		165,0		110,0		17,2	
	14,75—17,5	107,0		185,0		108,0		190,0		115,0		20,5	
	17,75—20,5	115,0		210,0		118,0		220,0		126,0		23,5	
	20,75—23,5	125,0		250,0		127,0		260,0		133,0		27,5	

Tabelul 2.6 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
(100)	23,75—27,0	133,0	3,2	275,0	63	135,0	3,3	285,0	80	142,0	3,4	300,0	100
	27,25—30,0	145,0		325,0		149,0		335,0		156,0		350,0	
	30,25—32,0	150,0		350,0		158,0		365,0		165,0		382,0	
125	9,0—11,5	102,0	3,9	138,0	63	105,0	3,3	143,0	80	110,0	3,4	150,0	100
	11,75—14,5	110 0		157,0		113,0		165,0		118,0		172,0	
	14,75—17,5	115,0		185,0		118,0		190,0		122,0		205,0	
	17,25—20,5	120 0		210,0		125,0		220,0		130,0		233,0	
	20,75—23,5	135,0		250,0		137,0		260,0		141,0		275,0	
	23,75—27,0	140,0		275,0		145,0		285,0		150,0		300,0	
	27,25—20,0	155,0		325,0		159,0		335,0		163,0		350,0	
	30,25—32,0	160,0		350,0		165,0		365,0		170,0		380,0	
(160)	9,0—11,5	122,0	4,1	160,0	63	127.0	4 2	165,0	80	132,0	4,3	172,0	100
	11,75—14,5	130,0		186,0		135,0		191,0		140,0		205,0	
	14,75—17,5	140,0		215,0		146,0		220,0		151,0		230,0	
	17,75—20,5	150,0		243,0		154,0		246,0		160,0		257,0	
	20,75—23,5	160,0		295,0		165,0		300,0		170,0		310,0	
	23,75—27,0	173,0		330,0		178,0		338,0		183,0		350,0	
	27,25—30,0	185,0		382,0		190,0		390,0		195,0		402,0	
	30,25—32,0	193,0		413,0		198,0		420,0		204,0		433,0	
200	9,0—11,5	140,0	4,2	170,0	63	147,0	4,3	173,0	80	152,0	4,4	178,0	100
	11,75—14,5	153,0		190,0		155,0		195,0		160,0		202,0	
	14,75—17,5	162,0		230,0		166,0		232,0		170,0		238,0	
	17,75—20,5	173,0		266,0		176,0		270,0		182,0		280,0	
	20,75—23,5	183,0		300,0		186,0		306,0		194,0		320,0	
	23,75—27,0	193,0		336,0		198,0		343,0		202,0		352,0	
	27,25—30,0	202,0		380,0		208,0		385,0		214,0		400,0	
	30,25—32,0	212,0		410,0		218 0		425,0		223,0		435,0	

Podurl rulante cu două ctrlge

160)/(50)	9,0—11,5	128,0	5,5	18,0	63	130,0	5,6	18.6	80	136,0	5,7	20,0	100
	11,75—14,5	136,0		20,6		138,0		21,0		145,0		22,5	
	14,75—17,5	148,0		23,5		150,0		24,0		156,0		25,5	
	17,75—20,5	156,0		26,2		158,0		26,6		165,0		28,1	
	20,75—23,5	168,0		31,3		170,0		32,0		176,0		33,5	
	23,75—27,0	180,0		34,7		182,0		35,6		190,0		37,2	
	27,25—30,0	192,0		40,3		195,0		41,0		202,0		42,5	
	30,25—32,0	201,0		42,5		204,0		43,2		210,0		44,7	
200/50	9,0—11,5	142,0	5,6	18,6	63	147,0	5,7	19,0	80	152,0	5,8	20,5	100
	11,75—14,5	154,0		21,0		160,0		21,5		165,0		23,0	
	14,75—17,5	167,0		24,0		170,0		25,2		175,0		26.7	
	17,75—20.5	175,0		28,0		182,0		29,2		188,0		30,8	
	20,75-- 23,5	190,0		31,5		194,0		32,6		201,0		34,1	
	23,75—27,0	200.0		35,0		205.0		36,3		212,0		38,0	
	27,25—30,0	212 0		40,0		216,0		41,2		223.0		42,6	
	30,25—32,0	220,0		42,0		225,0		44,5		232,0		46.0	
320/80	9,0—11,5	212,0	9,0	25,0	50	217,0	9,1	25,8	63	22,20	9,2	27,3	80
	11,75—14.5	228,0		28,0		230,0		28,8		236,0		30,2	
	14,75—17,5	246,0		31,0		248,0		32,5		254,0		34,0	
	17,75—20,5	258,0		34,8		260,0		36,0		266,0		37,6	
	20,75—23,5	273,0		40,5		275,0		41,7		281,0		43,2	
	23,75—27,0	290,0		45,5		295,0		47,3		302,0		49,0	
	27,25—30,0	307,0		52,0		310,0		54,0		318,0		55,5	
	30,25—32,0	325,0		57,5		330,0		59,0		338,0		60,4	
00/125	9,0—11,5	308,0	12,2	36,0	50	317,0	12,3	36,8	63	327,0	12,5	38,8	80
	11,75—14,5	330,0		39,0		338,0		39,8		348,0		41,8	
	14,75—17,5	352,0		43,8		360,0		44,6		370,0		46,6	
	17,75—20,5	373,0		50,0		381,0		50,8		391,0		52,8	
	20,75—23,5	395,0		57,0		402,0		58,0		412,0		60,0	
	23,75—27,0	408,0		61,0		417,0		62,0		427,0		64,0	
	27,25—30,0	427,0		67,0		436,0		68,7		446,0		70,7	
	30,25—32,0	444,0		72,5		455,0		74,0		466,0		76,0	

Tabelul 2.7

Acțiuni în construcții	**ACȚIUNEA VÎNTULUI** —Extras—	Conform : STAS-10101/20-75

Acțiunea vîntului se manifestă prin forțe exterioare distribuite, orientate, în mod preponderent, normal pe suprafața expusă, avînd și componente tangențiale importante, în special pentru elemente de suprafață mare.

Pentru determinarea efectelor vîntului, se consideră că direcția circuitului de aer este în general orizontală. În raport cu construcția, vîntul se va considera că acționează din orice direcție, sub forma unor încărcări distribuite. La determinarea intensităților normate ale încărcărilor date de vînt, se va ține seama întotdeauna de componentele forțelor generate de mișcarea aerului (presiuni și sucțiuni), normale pe suprafața expusă. Aceste componente se determină cu relația

$$p_n^n = \beta c_n g_v$$

în care : p_n^n este componenta normală a acțiunii vîntului, la suprafața expusă, considerată distribuită, în kN/m² ;

β — coeficient dinamic, care în cazul construcțiilor curente este egal cu 1, iar pentru construcții speciale : piloni, coșuri, turnuri, clădiri cu $H > 40$ m și hale cu $H > 36$ m și $H/L > 1{,}5$) se va lua conform pct. 2.14 din STAS 10101/20-75 ;

c_n — coeficientul componentei normale a acțiunii vîntului care se ia din tabelul *b* ;

g_v — presiunea dinamică la înălțimea h, în kN/m² determinată din tabelul *a* în funcție de zona geografică (v. harta) și presiunea dinamică de bază la sol.

Componentele tangențiale la suprafața expusă, ale forțelor generate de mișcarea aerului, se determină cu ajutorul relației

$$p_f^n = \beta c_f g_v$$

în care : p_f^n este componenta tangențială de frecare a acțiunii vîntului la suprafața expusă, considerată distribuită, în kN/m² ;

c_f — coeficient, care în lipsa unor date mai precise, se admite egal cu 0,025.

Rezultatele încărcărilor provenite din vînt P_t^n se calculează cu relația

$$P_t^n = c_t g_v A_t$$

în care : A_t este aria totală afectată ;

c_t — coeficientul rezultantei acțiunii vîntului.

Tabelul 2.7 (continuare)

Tabelul a

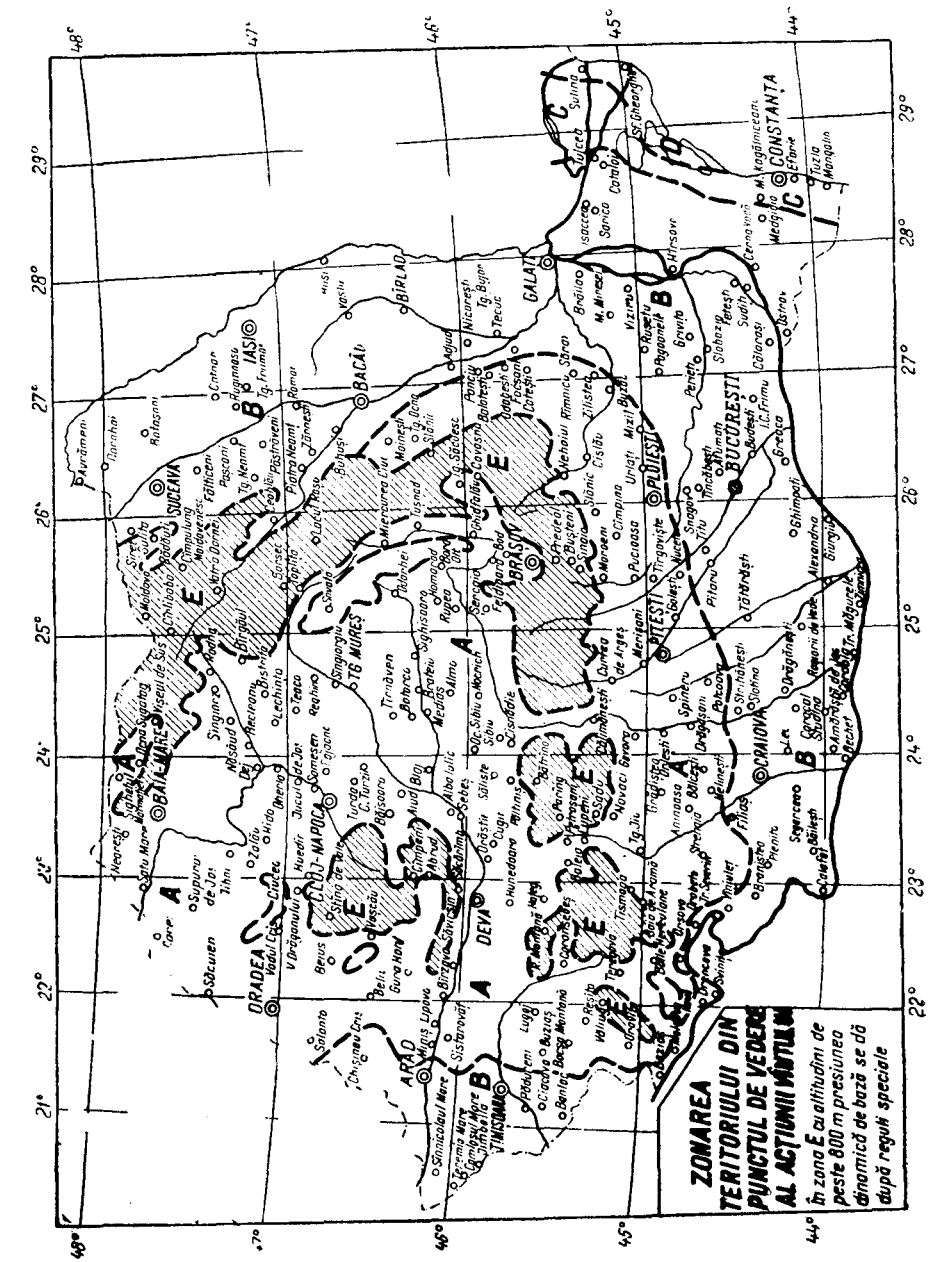
Presiunea dinamică de bază g_v (kN/m²) determinată în funcție de :

Înălțimea deasupra solului h (m)	Zona geografică (v. harta) și Presiunea dinamică de bază la sol de :							
	Zona *A*		Zona *B*		Zona *C*		Zona *D*	
	0,45 kN/m²		0,55 kN/m²		0,70 kN/m²		0,85 kN/m²	
	Extravilan	Intravilan	Extravilan	Intravilan	Extravilan	Intravilan	Extravilan	Intravilan
10	0,45	0,34	0,55	0,41	0,70	0,53	0,85	0,64
20	0,57	0,46	0,69	0,54	0,85	0,68	1,01	0,81
30	0,66	0,54	0,78	0,64	0,95	0,78	1,12	0,92
40	0,73	0,61	0,86	0,72	1,02	0,86	1,21	1,01
50	0,79	0,68	0,92	0,79	1,08	0,93	1,28	1,09
60	0,83	0,73	0,98	0,84	1,14	0,99	1,34	1,16
70	0,88	0,78	1,03	0,90	1,19	1,04	1,39	1,22
80	0,92	0,83	1,07	0,95	1,23	1,09	1,44	1,27
90	0,96	0,87	1,11	1,00	1,27	1,14	1,48	1,33
100	1,00	0,90	1,15	1,04	1,31	1,19	1,52	1,38
110	1,03	0,94	1,19	1,08	1,35	1,23	1,56	1,42
120	1,06	0,98	1,22	1,12	1,38	1,27	1,59	1,46
130	1,09	1,01	1,25	1,16	1,41	1,30	1,62	1,50
140	1,12	1,04	1,28	1,19	1,44	1,34	1,65	1,54
150	1,15	1,07	1,31	1,22	1,46	1,37	1,68	1,57
200	1,26	1,22	1,44	1,37	1,58	1,51	1,81	1,73
250	1,37	1,34	1,55	1,50	1,68	1,64	1,91	1,86
300	1,46	1,44	1,64	1,62	1,77	1,74	2,00	1,98
350	1,54	1,54	1,72	1,72	1,94	1,94	2,08	2,08

Observații : 1. Pentru valori intermediare ale înălțimii, valorile presiunii dinamice de bază se interpolează liniar.

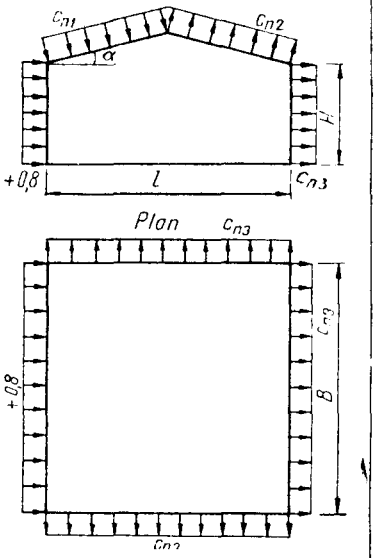
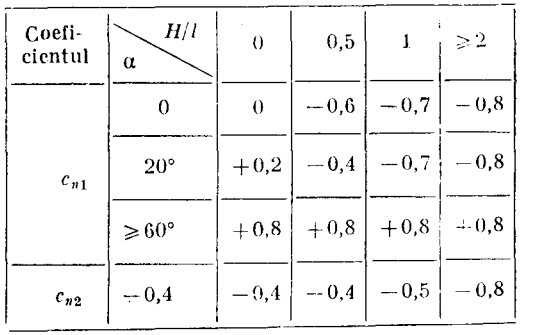
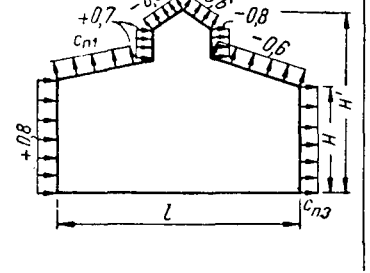
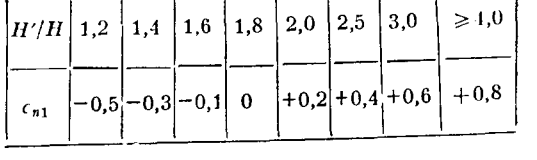
2. Încadrarea în coloanele „extravilan" și „intravilan" se face în funcție de distribuția obstacolelor situate în vecinătatea construcției. În cazul unor zone deschise (cîmpie, maluri libere ale apelor etc) se vor considera valorile din coloana „extravilan". Pentru zone construite din orașe, ansambluri industriale etc., zone cu masiv de pădure sau alte obstacole naturale echivalente, în cazul cînd înălțimea medie a obstacolelor depășește 10 m, iar acestea sînt așezate în toate direcțiile în raport cu construcția, se vor lua valorile din coloana „intravilan".

Tabelul 2.7 (continuare)



Tabelul 2.7 (continuare)

Tabelul b

Nr crt.	Profilul construcției. Schema încărcării cu vînt	Indicații pentru definirea coeficienților c_n și folosirea schemelor
1	a) Suprafețe verticale ale pereților liberi : — expuse bătăii vîntului — neexpuse bătăii vîntului	Valorile pozitive corespund presiunii iar valorile negative corespund sucțiunii +0,8 −0,6
2		
3		

Coeficientul	H/l / α	0	0,5	1	≥ 2
c_{n1}	0	0	−0,6	−0,7	−0,8
	20°	+0,2	−0,4	−0,7	−0,8
	≥ 60°	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8
c_{n2}		−0,4	−0,4	−0,5	−0,8

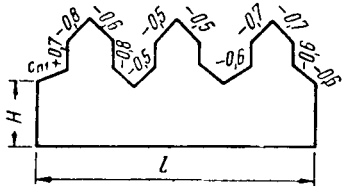
B/l \ H/l	≤ 0,5	1	−0,6
	c_{n3}		
≤ 1	−0,4	−0,5	−0,6
≥ 2	−0,5	−0,6	−0,6

Coeficienții c_{n3} se referă la toate construcțiile închise, cu formă dreptunghiulară în plan.

H'/H	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	≥ 4,0
c_{n1}	−0,5	−0,3	−0,1	0	+0,2	+0,4	+0,6	+0,8

Valorile c_{n3} conform indicațiilor de la nr. crt. 2. Coeficientul aerodinamic pentru pereții frontali se ia egal cu −0,6

Tabelul 2.7 (continuare)

Nr. crt.	Profilul construcției. Schema încărcării cu vînt	Indicații pentru definirea coeficienților c_s și folosirea schemelor
4		Coeficienții c_{n1} și c_{n3} conform schemei de la nr. crt. 2. Coeficientul aerodinamic pentru pereții frontali ai luminătoarelor se ia egal cu −0,6. Lățimea luminătorului reprezintă minim 1/3 din lățimea construcției. Coeficientul aerodinamic $c_n=0,8$ pentru pereții expuși vîntului ai luminătorului se referă la pante de pînă la 20°.

Observații: 1. Pentru construcțiile speciale (grinzi cu zăbrele, piloni, coșuri de fum etc.) se va consulta STAS 10101/20-75.

2. Pentru considerarea în calcul a efectelor speciale date de vînt (caracterul dinamic al acțiunii vîntului, considerarea presiunii interioare la hale mari, efectul de rafală etc.) se va consulta STAS 10101/20-75.

Tabelul 2.8

Acțiuni în construcții	ÎNCĂRCĂRI DATE DE ZĂPADĂ —Extras—	Conform: STAS 10101/21-75

Intensitatea normată a încărcării dată de zăpadă, în daN/m² de suprafață orizontală, se determină cu relația

$$p_z^n = c_z c_p g_z$$

unde: g_z este greutatea de referință care se ia din tabelul *a*, pentru amplasamente la altitudini pînă la 600 m deasupra mării, conform hărții de zonare date mai departe;

c_z — coeficientul de aglomerare. Pentru forme ale acoperișului curent întîlnite c_z se ia din tabelul *b*;

c_p — coeficientul de sensibilitate și se determină din:

$$c_p = 0,85 + 0,45\,\frac{g_z}{g_t} \quad \text{și} \quad 1 \leqslant c_p \leqslant 1,2$$

unde g_t reprezintă încărcarea totală calculată pe baza încărcărilor normate.

În cazul construcțiilor din oțel, alcătuite din profile laminate la cald, coeficientul de sensibilitate se ia $c_p=1,0$.

Pentru construcții definitive utilizate ca depozite pentru materiale și utilaje cu valoare redusă, se admite reducerea lui g_z cu 20%.

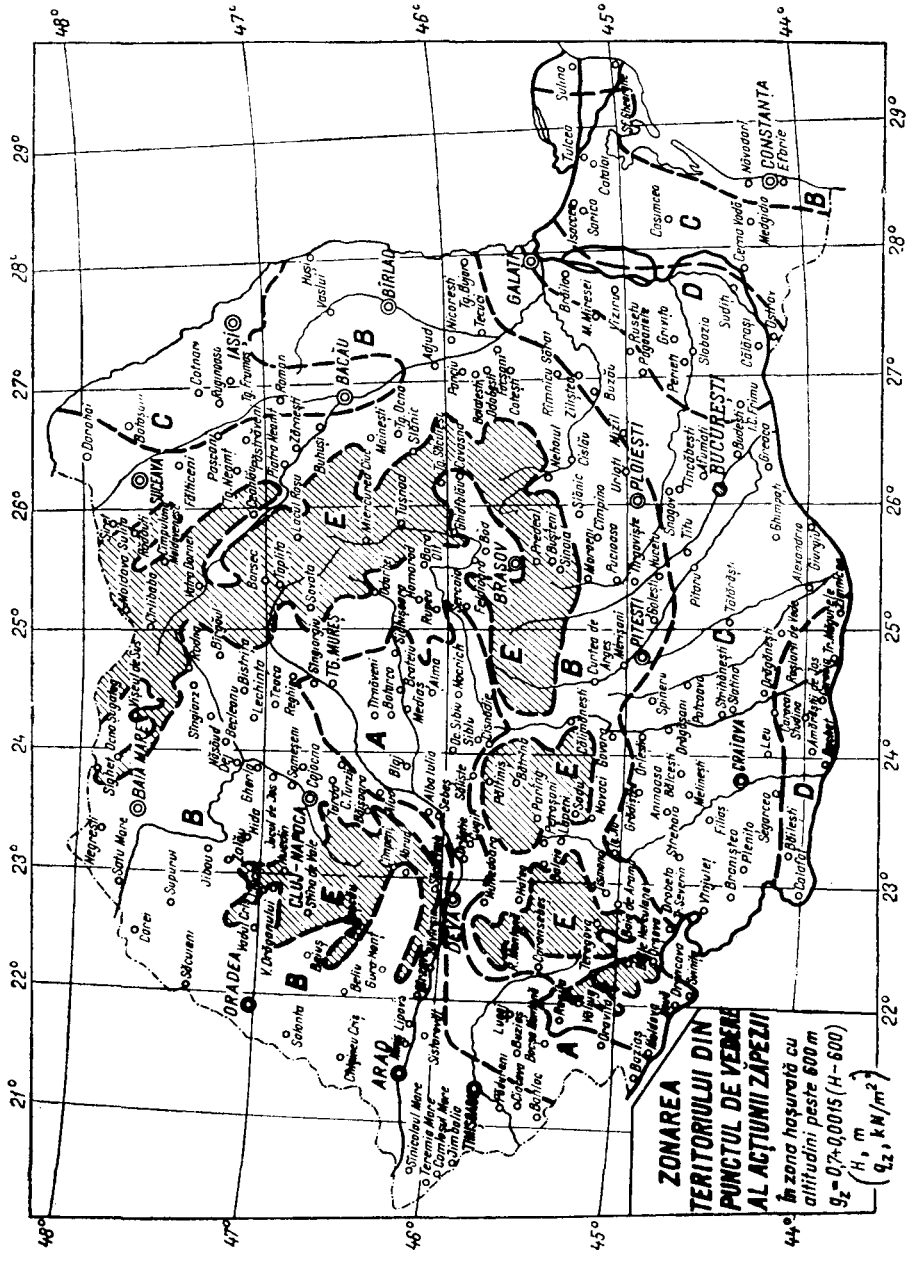
Pentru construcții provizorii se admite ca intensitatea încărcării g_z să se reducă cu:

20% pentru construcțiile locuite;

40% pentru construcțiile cu acces rar și pentru scurtă durată al oamenilor.

Coeficientul încărcării se ia din tabelul 2.14

Tabelul 2.8 (continuare)



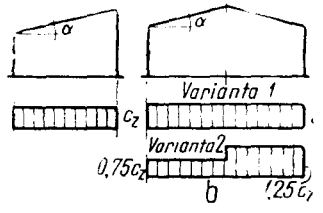
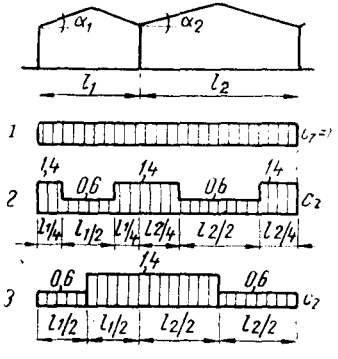
Tabelul 2.8 (continuare)

Tabelul a

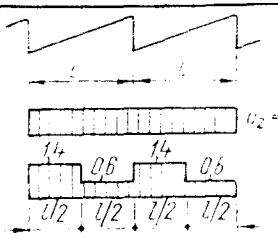
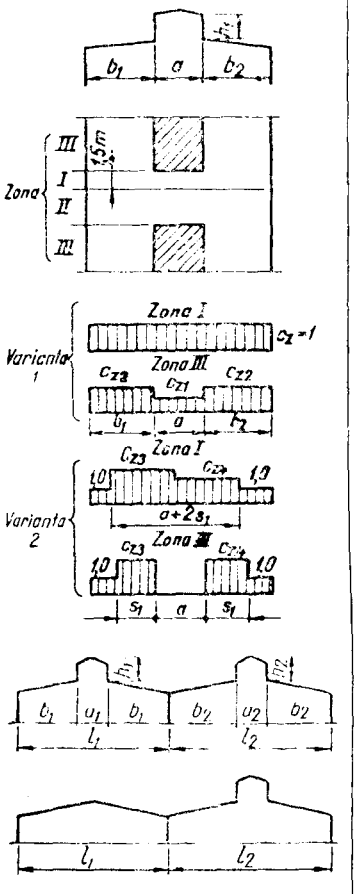
Zona, conform hărții de zonare (v. harta)	*A*	*B*	*C* *)	*D* *)
Greutatea de referință g_z, în daN/m² de suprafață orizontală	50	70	100	100

* Zonele *C* și *D* se diferențiază prin coeficienții încărcării. Pentru zona *E*: $g_z = 75 + 0{,}15(H - 600)$, *H* fiind altitudinea zonei geografice, în m, față de nivelul Mării Negre.

Tabelul b

Nr. crt.	Profilul acoperișului Schema încărcării cu zăpadă	Indicații pentru definirea coeficientului c_z
1		$\alpha \leqslant 25°$ $c_z = 1$ $\alpha > 60°$ $c_z = 0$ Varianta 2 se consideră numai pentru cazul *b* și numai pentru $20° \leqslant \alpha \leqslant 30°$
2		Schemele se extind și la acoperișuri cu mai multe deschideri Varianta *2* se consideră atunci cînd α_1 sau $\alpha_2 \geqslant 15°$ Varianta *3* trebuie fundamentată

Tabelul 2.8 (continuare)

Nr. crt.	Profilul acoperișului Schema încărcării cu zăpadă	Indicații pentru definirea coeficientului c_z
3		
4	 b_1 a b_2 III I II III 15m Zona Zona I $c_z=1$ Varianta 1 Zona III c_{z3} c_{z1} c_{z2} b_1 a b_2 c_{z3} Zona I c_{z2} 1,0 1,0 $a+2s_1$ Varianta 2 c_{z3} Zona III c_{z2} 1,0 1,0 s_1 a s_1 h_1 h_2 b_1 a_1 b_1 b_2 a_2 b_2 l_1 l_2 l_1 l_2	$c_{z1} = 0{,}8$; $c_{z2} = 1 + 0{,}2 \frac{a}{b_1 + b_2}$ $c_{z1} = 1 + 0{,}6 \frac{a}{S_1}$; $c_{z1} = 1 + 0{,}4 \frac{a}{S_1}$ dar nu mai mult decît : 4 cînd greutatea normată a acoperișului este sub 150 daN/m² ; 2,5 cînd greutatea normată a acoperișului depășește 150 daN/m² ; $S_1 = h_1$ dar nu mai mult de b_1 sau b_2. Pentru zona *II* $c_z = 1$ Schemele sînt valabile și pentru construcțiile cu două sau mai multe deschideri cu luminător. Pentru deschiderile fără luminător este valabilă schema nr. 2

Observație: La calculul fermelor se recomandă ca încărcarea cu zăpadă să se considere și pe jumătate de acoperiș.

2.1.3.3. **Acțiuni excepționale (E).** Acțiunile excepționale pot apărea în timpul execuției sau exploatării construcției în cazuri foarte rare la valorile normate.

În această categorie sînt cuprinse :

— încărcarea seismică ;

— încărcări cu caracter de șoc ;

— încărcări datorită ruperii unor elemente ale construcției ;

— încărcări datorită unor inundații catastrofale.

Valoarea normată a acestor acțiuni este precizată prin normative speciale.

2.1.4. Caracteristicile acțiunilor și materialelor

Acțiunile care se iau în considerare la calculul construcțiilor sînt de diferite proveniențe, putîndu-se manifesta sub diferite forme :

— ca sisteme de forțe date ;

— ca sisteme de deplasări sau deformații impuse,

— sau, în unele cazuri complexe, ca rezultat al unor fenomene de interacțiune dintre construcție și mediul ambiant.

Acțiunile care intervin în calcule pot avea un caracter static sau dinamic precum și diferite distribuții în spațiu.

De caracterul dinamic al acțiunilor se poate ține seama prin multiplicarea acțiunilor statice cu coeficienți dinamici supraunitari. În cazul acțiunilor aduse de podurile rulante (încărcări verticale și orizontale), în funcție de grupa de funcționare a podului rulant (tabelul 2.9), de capacitatea de ridicare a podului și de tipul suspensiei masei, în tabelul 2.10 se dau valorile coeficienților dinamici. La calculul solicitărilor din acțiunile aduse de podurile rulante, dacă în deschidere sînt două sau mai multe poduri rulante, se aplică coeficienții de simultaneitate dați în tabelul 2.11. Pentru verificarea elementelor de construcție, conform STAS 10101/2A2-75, forțele verticale și orizontale aduse de podurile rulante se iau în concordanță cu funcționarea reală în timpul procesului de producție, introducînd în calcul numărul de poduri n_p prevăzut a acționa simultan, conform tabelului 2.12.

Tabelul 2.9

Construcții civile, industriale și agricole	**Grupele de funcționare a podurilor rulante**				Conform : STAS 10101/2A2-75
Grupa de funcționare a podului rulant (regimul de lucru a podului)	Ușor	Mediu	Greu	Foarte greu	Foarte greu continuu
Simbol	I	II	III	IV	V

Tabelul 2.10

Construcții civile, industriale și agricole	**Coeficienți dinamici, ψ și α, pentru calculul grinzilor căilor de rulare**						Conform : STAS 10101/2A2-75
Felul încărcării	Felul suspensiei	Capacitatea de ridicare a podului kN	Coeficienții ψ ; α	Grupa de funcționare a podului I	II	III	IV	V
Încărcări verticale	Flexibilă sau rigidă	Oricare	ψ	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Încărcări orizontale (P_t^n ; P_l^n)	Flexibilă	50—100	α	1,5	1,8	2,2	2,5	
		110—200		1,3	1,5	1,8	2,0	
		210—1 250		1,2	1,3	1,4	1,5	
		1 260—2 250		1,0	1,1	1,2	1,3	
		≥2 260		1,0	1,0	1,1	1,1	
	Rigidă	Oricare		1,5				

Tabelul 2.11

Construcții civile, industriale și agricole	**Coeficienți de simultaneitate la poduri rulante**	Conform : STAS 10101/2A2-75
Numărul de poduri care acționează simultan n_p	**Grupa de funcționare a podului cu cea mai mare capacitate de ridicare**	**Valoarea coeficientului de simultaneitate**
2	I și II	0,85
	III, IV și V	0,95
3 ; 4 sau mai multe	I și II	0,70
	III, IV și V	0,80

Tabelul 2.12

Construcții civile, industriale și agricole

Numărul podurilor rulante prevăzute a acționa simultan pentru verificarea elementelor de construcții [1]

Conform STAS 10101/2A-75

Starea limită considerată			Încărcări verticale				Încărcări orizontale						Grupa de funcționare a podului cu cea mai mare capacitate	Coeficienții acțiunilor
			Pe șină și prinderile șinei	Pe grinda de rulare și frânare	Pe elementele de structură [2]	Pe grinzi de rulare și frânare	Prinderile grinzilor de rulare și frânare	Pe elementele de structură	Pe grinzi de rulare și tampon	Pe elementele de structură	Pe șină și prinderile șinei			
			P_1 și P_t			P_t			P_T	P_{Ts}	P_S			
Stări limită ultime	Stările limită ultime, exceptînd oboseala	n_p	1	2	4	2	2	2	1	1	1		I, II, III, IV și V	n [3]
			ψ	ψ	1	α	2α	1	1	1	—			—
	Starea limita de oboseală	n_p	1	1	—	—	—	—	—	—	1		I și II	0
													III, IV și V	1,0
Stări limită ale exploatării normale	Verificarea sub încărcări de scurtă durată	n_p	1	2	2	2	—	2	—	—	—		I, II, III IV și V	1,0
	Verificarea sub încărcări de lungă durată	n_p	1	1	1	—	—	—	—	—	—		I și II	0
													III	0,6
													IV	0,8
													V	1,0

[1] Se va lua numărul real și maximum cele prevăzute în tabel.

[2] Inclusiv consolele scurte de rezemare a grinzilor.

[3] $n=1{,}2$ pentru forțe verticale și $n=1{,}3$ pentru forțe orizontale (v. STAS 10101/0A-77).

La verificarea siguranței construcțiilor se consideră de regulă caracteristicile de rezistență și rigiditate ale materialelor, elementelor și structurilor în ansamblul lor. Valorile respective se stabilesc pe baze statistice cu un anumit grad de asigurare și constituie valori caracteristice; ele se adoptă ca valori normate. Valorile normate ale rezistențelor materialelor reprezintă valori caracteristice minime cu o asigurare de minimum 0,955. Valorile normate ale modulelor de elasticitate și ale caracteristicilor reologice ale materialelor metalice se stabilesc de regulă ca valori medii statistice.

În tabelul 2.13 sînt date caracteristice fizice și mecanice ale materialelor metalice folosite în construcții.

Tabelul 2.13

Caracteristici fizico-mecanice ale materialelor metalice

Materialul	Masa (greutate tehnică) γ kg/m³	Limita de		Modulul de elasticitate daN/cm²		Coeficient de	
		curgere minimă $R_e(\sigma_e)$ daN/cm²	elasticitate $R_e(\sigma_e)$ daN/cm²	longitudinal E	transversal G	contracție transversală μ	dilatare termică liniară α_t
Oțel OL 37	7 850	2 400	1 920	2 100 000	810 000	0,3	$1{,}2\cdot10^{-5}$
Oțel OL 52	7 850	3 600	2 880	2 100 000	810 000	0,3	$1{,}2\cdot10^{-5}$
Oțel OT 50	7 850	2 500	—	2 100 000	810 000	0,3	$1{,}2\cdot10^{-5}$
Fontă Fc 15	7 200	—	—	850 000	300 000	—	$1{,}0\cdot10^{-5}$
Fontă Fc 20	7 200	—	—	1 000 000	360 000	—	$1{,}0\cdot10^{-5}$
Aluminiu	2 700	1 200	—	720 000	262 000	—	$2{,}4\cdot10^{-5}$

2.1.5. Indicații generale privind alcătuirea secțiunii elementelor de construcții din oțel

Stabilirea formei secțiunii elementelor de construcții din oțel (plăci, bare, grinzi, stîlpi etc.) se recomandă să se facă cu luarea în considerare, indiferent de metoda de calcul, a următoarelor indicații generale, menite să asigure:

1) *Siguranța maximă în exploatare a elementelor de construcții*, lucru ce se obține dacă:

— secțiunile vor fi pe cît posibil simetrice față de planul de acțiune a solicitărilor;

– înnădirea elementelor de construcții se poate executa cît mai simplu, trecerea solicitărilor prin îmbinare făcîndu-se cît mai direct ;

– secțiunea barelor grinzilor cu zăbrele permite prinderi în noduri cît mai simple și mai robuste.

2) *Consum minim de oțel*, deziderat realizat cînd :

a) repartizarea materialului metalic pe secțiunea transversală este cît mai rațională, lucru ce se realizează dacă :

– la elementele solicitate la întindere, materialul metalic se dispune cît mai aproape de axa barei. Secțiunea ideală este secțiunea circulară plină, dacă condițiile de rigiditate și constructive permit această soluție ;

– la elementele solicitate la compresiune centrică materialul metalic se va dispune cît mai departe de axa barei, pentru a se obține o rigiditate cît mai mare a secțiunii. Secțiunea ideală este secțiunea tubulară care prezintă aceeași rigiditate după orice axă ;

– la elementele solicitate la răsucire, materialul se așază cît mai departe de axa barei, pentru a se obține o rigiditate cît mai mare la răsucire. Secțiunea ideală este secțiunea cu profil dublu și multiplu conex ;

– la elementele solicitate la încovoiere, materialul se va concentra în tălpi, cît mai departe de axa neutră a grinzii.

Secțiunea ideală este secțiunea dublu T ;

– la elementele solicitate la compresiune excentrică, materialul se va dispune astfel ca să se obțină o rigiditate cît mai mare în planul de acțiune al momentului. Secțiunea recomandată este secțiunea dublu T cu tălpi nesimetrice ;

b) alcătuirea secțiunii este astfel făcută încît este posibilă adaptarea ușoară a secțiunii la variația solicitărilor ;

c) se folosesc metode de îmbinare care nu slăbesc secțiunea, lucru ce se obține în cazul construcțiilor sudate sau executate cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate. În cazul elementelor nituite, slăbirile reprezintă 10–20% din secțiunea transversală ;

d) se realizează secțiuni din bare, la grinzile cu zăbrele, care permit prinderea lor în noduri direct sau cu gusee de dimensiuni cît mai mici. La o grindă cu zăbrele cu gusee, acestea reprezintă circa 7–10% din greutatea grinzii ;

e) la alcătuirea secțiunii barelor compuse din elemente puțin și mult depărtate se va ține seama de faptul că elementele de solidarizare, care asigură lucrul în ansamblu al elementelor componente ale secțiunii, reprezintă circa 4–6% din greutatea barelor în cazul plăcuțelor de solidarizare și circa 15–20% în cazul fururilor continue.

3) *Realizarea cît mai simplă*, lucru ce se obține cînd :

– pentru alcătuirea secțiunilor se folosesc, pe cît posibil, doar elemente laminate standardizate, dacă se poate doar acelea care se uzinează în mod curent, sau se află de obicei în depozitele uzinelor de confecții metalice ;

– secțiunile elementelor de construcții se alcătuiesc cît mai simplu, pentru a se asigura o execuție simplă, ușoară și cît mai rapidă ;

– asamblarea elementelor care formează secțiunile se va face în soluție sudată, preferîndu-se o metodă de sudare automată.

– îmbinările de montaj, mai ales cele care se execută la înălțime, este recomandabil să se execute cu șuruburi, tipul șurubului fiind stabilit în funcție de solicitări și importanța elementului.

4) *Exploatarea elementelor de construcții* trebuie să se poată face în deplină siguranță, în care scop secțiunile se vor alcătui astfel ca să fie posibilă :

a) verificarea periodică a elementelor de construcții și în special a îmbinărilor ;

b) consolidarea ulterioară, în cazul că se modifică intensitățile acțiunilor sau se modifică schema statică ;

c) protecția elementelor de construcție contra temperaturilor înalte, știind că la temperaturi mai mari de 500 ... 600°C capacitatea portantă a oțelului normal scade practic la zero. Din acest punct de vedere se vor prefera secțiuni pline, fără goluri, realizate din elemente cu grosime mai mare. Elementele portante din oțel, protejate sau neprotejate, trebuie ca în timpul exploatării să nu fie supuse la temperaturi mai mari de 350°C, pentru stîlpi și 250°C, pentru celelalte elemente.

d) reducerea la minimum a acțiunii defavorabile a coroziunii. În acest scop se recomandă ca secțiunile să fie alcătuite astfel încît :

– perimetrul secțiunii să fie minim ;

– toată suprafața laterală a secțiunii să fie ușor accesibilă (v. recomandările de la paragraful 2.4) în vederea întreținerii ;

– să se evite posibilitatea de stagnare a apei, iar în caz că acest lucru nu este posibil se vor prevedea orificii corespunzătoare pentru scurgerea apei ;

– rosturile dintre elementele laminate, care alcătuiesc secțiunile, vor trebui făcute practic inexistente, mai ales cînd construcția lucrează într-un mediu corosiv. Acest lucru se obține printr-o prindere corespunzătoare a elementelor componente, prin chituirea rosturilor și vopsirea adecvată ;

– să fie posibilă izolarea elementelor de construcții din oțel, de elementele realizate din alte metale (Al, Cu etc.), pentru a nu ajunge în contact.

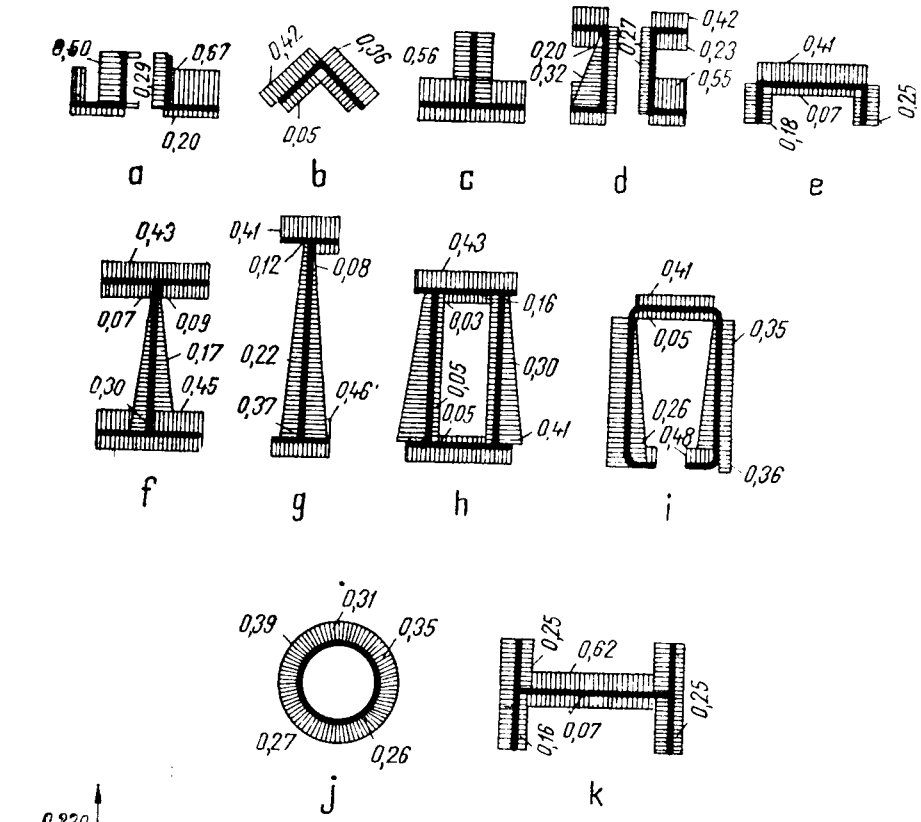
În fig. 2.1 se reprezintă pentru diferite tipuri de secțiuni acțiunea coroziunii, exprimată prin reducerea grosimii elementelor, în milimetri pe an ;

e) reducerea la minimum a acțiunii defavorabile a temperaturii ridicate. Pentru aceasta se recomandă ca :

– elementele de construcții din oțel supuse acțiunii temperaturii ridicate ($t \geq 150°C$) sau stropilor de metal topit, să fie protejate împotriva acestor acțiuni.

Elementele supuse acțiunii radiante sau de convecție a căldurii precum și stropilor de metal topit vor fi protejate cu ecrane, astfel ca temperatura elementelor structurii să rămînă sub 150°C ;

– în locurile în care poate apărea pericolul stropirii abundente sau revărsării de metal topit, elementele structurii de rezistență din oțel se vor căptuși cu zidărie de cărămidă refractară sau cu plăci din beton refractar.



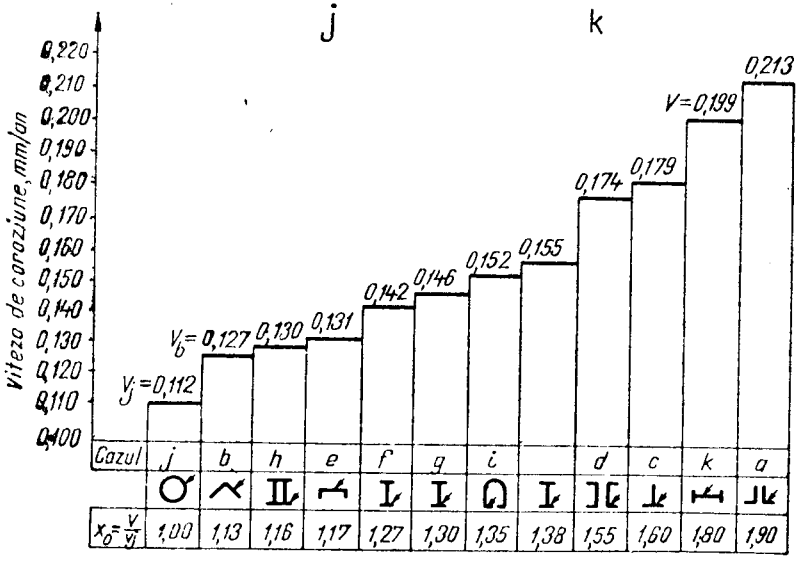


Fig. 2.1.

2.2. Metoda de calcul după stările limită

2.2.1. Principiile metodei

Metoda stărilor limită este o metodă semiprobabilistică de apreciere a siguranței construcțiilor și se caracterizează prin două trăsături esențiale, și anume :

— consideră în mod sistematic diferitele stări limită pentru o construcție dată ;

— consideră separat și independent variabilitatea diferiților factori care afectează siguranța construcțiilor și determină datele cantitative corespunzătoare nivelului de asigurare a construcțiilor.

Prin stare limită se înțelege o stare a cărei atingere implică pierderea reversibilă sau ireversibilă a capacității unei construcții de a satisface condițiile necesare exploatării, sau implică apariția unor pericole pentru viața sau sănătatea oamenilor.

Stările limită se împart în două categorii :

1) *Stări limită ultime* definite ca stări ce corespund epuizării capacității portante sau unei alte pierderi ireversibile a calităților necesare exploatării construcției. În această categorie, în cazul construcțiilor din oțel intră :

— deformațiile plastice remanente excesive ale elementelor solicitate la întindere sau încovoiere ;

— ruperile elementelor datorate fenomenului de oboseală sau ruperile cu caracter fragil ;

— pierderea generală sau locală a stabilității elementelor ;

— pierderea stabilității formei sau a poziției structurii în ansamblul său (răsturnare, lunecare).

2) *Stări limită ale exploatării normale* definite ca stări limită ce corespund capacității de asigurare a unei exploatări normale a construcției. În această categorie, în cazul construcțiilor din oțel, intră deplasările statice sau dinamice excesive.

Calculul de dimensionare al elementelor de construcții și al structurilor cu metoda stărilor limită are ca scop final obținerea unei asigurări suficiente, ținînd seama și de importanța funcțională a acestora, pentru evitarea situației ca construcția să ajungă într-una din cele două stări limită. În plus, această asigurare este în mod important condiționată și de alcătuirea constructivă, de calitatea materialelor folosite precum și de respectarea unor condiții de exploatare admise la proiectare.

Mărimile care intervin în calcule (acțiuni, rezistențe, module de elasticitate) sînt reprezentate prin valorile lor normate și valorile lor de calcul.

Valorile normate sînt precizate prin valori de referință stabilite prin standarde.

Valorile de calcul se obțin prin înmulțirea valorilor normate cu coeficienți, în general supraunitari, pentru acțiuni și subunitari pentru rezistențe, astfel ca în calcule să fie acoperite abaterile în sens defavorabil al valorilor normate.

Verificarea siguranței construcțiilor folosind metoda stărilor limită se efectuează prin compararea efectelor unor grupări de acțiuni cu mărimile similare corespunzătoare apariției diferitelor stări limită.

2.2.2. Gruparea acțiunilor

Elementele și structurile construcțiilor sînt de regulă solicitate în același timp de mai multe categorii de acțiuni. Calculele în stadiile limită trebuie să ia în considerare atît probabilitatea variabilității valorilor normate ale diferitelor acțiuni cît și combinațiile defavorabile și practic posibile ale diferitelor acțiuni.

De variabilitatea valorilor normate a încărcărilor se ține seama prin coeficienții acțiunilor dați în tabelul 2.14.

Tabelul 2.14

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienții acțiunilor —Extras—	Conform: STAS 10101/0A-77

Nr. crt.	Tipul acțiunilor și încărcărilor		Încărcarea are efect	
			Defavorabil n	Favorabil n^d
0	1		2	3
1	A. *Acțiuni permanente* (*P*) Greutatea elementelor construcțiilor (greutatea elementelor structurale și de închidere) executate din :	— Beton simplu sau armat cu $\gamma > 18$ kN/m³ — Metal — Lemn	1,1	0,9
2		— Beton ușor simplu sau armat cu $\gamma < 18$ kN/m³ — Zidărie din cărămidă — Zidărie din piatră	1,2	0,9
3	Greutatea elementelor de izolare egalizare și finisaj (tencuieli, șape, pardoseli etc.) executate în condiții :	Industrializate	1,2	0,9
		De șantier, cu mijloace tradiționale	1,3	0,8
4	Forța de precomprimare la construcții din oțel pretensionate		1,1	0,9
5	Greutatea și împingerea pămînturilor și a umpluturilor		1,2	0,8
6	B. *Acțiuni temporare cvasipermanente* (*C*) Greutatea utilajului specific exploatării construcțiilor : mașini-unelte, motoare, rezervoare, transportoare cu bandă, recipiente, mașini de ridicat fixe etc.		1,2	—
7	Greutatea conținutului din rezervoare, recipiente, silozuri etc.	Lichid	1,1	—
8		Suspensii, slamuri, materiale pulverulente	1,2	—
9	Greutatea conținutului din conducte	Lichid	1,0	
10		Suspensii, slamuri, materiale pulverulente	1,1	—
11	Presiunea gazelor, lichidelor sau materialelor pulverulente pe pereții construcțiilor, presiunea dinamică a aerului datorită ventilării etc.		1,2	—

Tabelul 2.14 (continuare)

0	1			2	3
12	Încărcări pe planșee din încăperile de depozitare, depozite de cărți, arhive, biblioteci, încărcările clădirilor de locuit și social-culturale, unde predomină greutatea utilajului (etaje tehnice, laboratoare etc.) cu intensități normate (conform STAS 10101/2A1-75, tabelul 1, nr. crt. 5, 8c, 15—17) de :	Pînă la 2 kN/m² (inclusiv)		1,4	—
13		Între 2 și 5 kN/m²		1,3	—
14		Egale cu 5 kN/m² sau mai mari		1,2	—
15	Greutatea depunerilor de praf industrial			1,4	—
16	Greutatea stratului de apă pe planșeele orizontale destinate a fi acoperite cu apă și împingerea apei pe pereții laterali ai unor recipiente destinate acumulării apei			1,2	—
17	Variațiile de temperatură tehnologică			1,2	—
18	Tasări și deplasări neuniforme ale fundațiilor			1,2	—
19	C. *Acțiuni temporare variabile* (*V*) Încărcări distribuite în lungul unei linii la balustrade, pereți despărțitori etc., orientate pe direcție orizontală sau verticală			1,2	0
20	Încărcări apărute în timpul execuției, transportului și montajului elementelor de construcție etc.			1,2	0
21	Încărcări generate de utilaje în timpul punerii în funcțiune sau în timpul încercării			1,2	0
22	Încărcări datorită unor mijloace ușoare de ridicare și transport cu cale fixă (monoșine)			1,2	0,4
23	Încărcări datorită podurilor rulante (conform STAS 10101/2A2-75) [1]	Încărcări verticale pentru podurile rulante din grupa de funcționare	I	1,2	0,4
24			II		0,6
25			III și		
26			IV		0,8
			V		1,0
27		Încărcări orizontale		1,3	0
28	Încărcări din vînt, conform STAS 10101/20-75, pentru construcții	Curente, situate în zonele	*A, B*	1,2	0,4
29			*C, D, E*		0,6
30		Deosebit de sensibile la vînt (ușoare, zvelte) situate în zonele	*A, B*	1,3	0,4
31			*C, D, E*		0,6
32	Încărcări din zăpadă, conform STAS 10101/21-75 [2] pentru construcții situate în zonele :		*A, B, C*	1,4	0,4
33			*D*	1,6	0,4
34			*E*	1,6	0,6
35	Încărcări datorită chiciurii			1,3	0,4
36	Variații de temperatură exterioară (STAS 10101/23A-75)			1,2	0,6
37	D. *Acțiuni excepționale* (*E*) Pentru toate încărcările excepționale			1,0	0

[1] Încărcările din vînt corespunzătoare situației de rezonanță se consideră încărcări excepționale.

[2] Cînd coeficientul de aglomerare $c_z > 2$ se fac două verificări :
— cu $c_z = 2$, ca încărcare temporară de scurtă durată (T) ;
— cu $c_z > 2$ ca încărcare excepțională.

Tabelul 2.15

Alcătuirea grupărilor de acțiuni

Nr. crt.	Stările limită la care se face verificarea		Grupări de acțiuni	
			Grupări fundamentale	Grupări speciale [3]
1	Stări limită ultime	De rezistență și stabilitate	$\sum n_i P_i + \sum n_i C_i + n_g \sum n_i V_i$ [1]	$\sum P_i + \sum C_i + \sum n_i^d V_i + E_1$
2		De oboseală	Pentru efortul maxim : [2] $\sum P_i + \sum C_i + \sum n_i^d V_i' + V_{ob\,max}$ Pentru efortul minim : $\sum P_i + \sum C_i + \sum n_i^d V_i' + V_{ob\,min}$	În absența unor prescripții sau a unor fundamentări speciale, nu se vor face alte verificări decît la stările limită ultime de rezistență și stabilitate
3	Stări limită ale exploatării normale	Verificări sub efectul încărcărilor totale de exploatare	$\sum P_i + \sum C_i + n_g \sum V_i$ [1]	
4		Verificări sub efectul fracțiunilor de lungă durată ale încărcărilor	$\sum P_i + \sum C_i + \sum n_i^d V_i$	

[1] Coeficientul de grupare n_g are valorile : $n_g = 1{,}0$ în cazul unei singure încărcări temporare variabile V ; $n_g = 0{,}9$ în cazul a două sau trei încărcări V ; $n_g = 0{,}8$ în cazul a patru sau mai multe încărcări V. În cazul verificării stării limită a exploatării normale sub efectul încărcărilor totale se consideră cel mult două încărcări variabile V.

[2] Cu V_i' s-au notat încărcările variabile care nu produc oboseală, iar cu V_{ob} încărcarea care produce oboseală. $V_{ob\,max}$ și $V_{ob\,min}$ repre-zintă intensitățile maxime și minime care determină caracteristicile ciclului de solicitare la care se face calculul.

[3] Grupările speciale intervin rar, iar la alcătuirea lor se va consulta STAS 10101/0A-77.

Combinațiile defavorabile a diferitelor acțiuni, în funcție de starea limită considerată, sînt redate în tabelul 2.15.

Pentru stările limită ultime se face o verificare de rezistență și stabilitate din gruparea de încărcări fundamentale și gruparea de încărcări speciale.

Dacă este cazul, din gruparea de încărcări fundamentale se face și verificarea la oboseală.

În cazul stărilor limită ultime coeficientul de grupare n_g (v. tabelul 2.14) se ia egal cu 1,0 pentru o singură încărcare temporară variabilă (V), 0,9 pentru două sau trei încărcări variabile (V) și 0,8 pentru patru și mai multe încărcări variabile.

În conformitate cu prevederile din STAS 10101/0A-77, forțele verticale și orizontale aduse de unul sau mai multe poduri rulante, pentru calculul grinzilor căilor de rulare, se consideră o singură încărcare temporară variabilă distinctă.

Pentru stările limită ale exploatării normale se face o verificare sub efectul încărcărilor normate totale de exploatare cînd pentru n_g se iau aceleași valori ca și în cazul stării limită ultime și o verificare sub efectul fracțiunilor de lungă durată ale încărcărilor.

2.2.3. Verificarea siguranței construcțiilor după metoda stărilor limită

2.2.3.1. **Verificarea stărilor limită ultime.** În domeniul construcțiilor din oțel se utilizează de regulă unul din următoarele criterii privind verificarea siguranței după starea limită ultimă :

1) De rezistență și stabilitate

— Compararea eforturilor unitare efective din punctele cele mai solicitate cu rezistențele de calcul R,

$$\sigma = \frac{N}{F} = \frac{\sum n_i N_i}{F} \leqslant mR \qquad (2.1)$$

în care : N este solicitarea de calcul (N, M, T, M_r etc.) ;

N_i — solicitarea în secțiunea în care se face verificarea din încărcarea normată i ;

n_i — coeficientul încărcării normate i ;

F — caracteristica geometrică a secțiunii (A_n , $\varphi_{min} \cdot A$, A_i , W_n , W_p etc.) care intervine în formula de verificare în funcție de felul solicitării.

m — coeficientul condițiilor de lucru, care în general are valoarea 1,0 exceptînd următoarele cazuri :

$m \leqslant 1{,}25$ în cazul grinzilor cu inimă plină continue, ale căilor de rulare, cînd se verifică σ_{ech} în secțiunea de reazem ;

$m = 1{,}15$ pentru alte secțiuni de pe grinda căii de rulare, cînd $\sigma_i \neq 0$ și $m = 1{,}0$ cînd $\sigma_i = 0$;

$m = 0{,}75$ pentru elemente alcătuite dintr-o singură cornieră prinsă pe o singură aripă ;

$m = 0{,}90$ pentru elemente formate dintr-o singură cornieră cu aripi neegale prinsă pe aripa mai lată ;

R este rezistența de calcul a oțelului folosit.

În tabelul 2.16 se dau rezistențele de calcul pentru diverse mărci de oțel laminat, iar în tabelul 8.4 pentru oțel turnat.

Tabelul 2.16

Construcții civile, industriale și agricole		Rezistențe de calcul R (daN/mm²) pentru oțel laminat marca : [1]							Conform : STAS 10108/0-78
Solicitarea	Simbol	Coeficientul γ aplicat față de R	OLT 35	OL 37 ORCA 37	OLT 45	OL 44 OCS 44	OL 52 OCS 52 ORCA 52	OCS 55	OCS 58
Întindere, compresiune, încovoiere	R	1,0	20	21	23	25	30	34	37
Forfecare	R_f	0,6	12	13	14	15	18	21	22
Presiune locală la un cilindru rezemat pe un plan (determinat cu formula lui Hertz)	R_l	4,0	80	84	92	100	120	136	150
Idem, determinată pe planul diametral al cilindrului	R_d	0,04	0,80	0,84	0,92	1,00	1,20	1,36	1,50
* Rezistențe de calcul pentru profile și table laminate cu grosimea $t \leqslant 16$ mm									
Întindere, compresiune, încovoiere	R_-	1,0	21	22	24	26	31,5	36	39
Forfecare	R_f	0,6	12,5	13,0	14,5	15,5	19,0	21,5	23,5

[1] Rezistențele de calcul sînt cele din tabel pentru prima treaptă și a doua treaptă de grosime ($a \leqslant 40$ mn). Pentru treapta a treia de grosime, cu $a > 40$ mm, rezistența de calcul se obține prin împărțirea limitei de curgere respectivă la valorile coeficientului γ_m: $\gamma_m = 1{,}10$ pentru mărcile OL 34 ; OLT 35 ; OL 37 ; ORCA 37 ; OLT 45 ; $\gamma_m = 1{,}12$ pentru mărcile OL 44 : OCS 44 ; $\gamma_m = 1{,}15$ pentru OL 52 ; ORCA 52 ; OCS 52 și $\gamma_m = 1{,}20$ pentru OCS 55 și OCS 58.

* Modificări introduse după redactarea finală a standardului 10108/0.

— Compararea eforturilor sau sistemelor de eforturi din secțiunile cele mai solicitate cu capacitatea portantă a secțiunilor

$$N = \sum n_i N_i \leqslant RF. \tag{2.2}$$

Acest criteriu de verificare intervine atunci cînd se contează în starea limită pe redistribuirea plastică a eforturilor unitare pe secțiune (dimensionarea în stadiul plastic al secțiunilor, în stadiul limită ultim).

— Compararea încărcărilor aplicate unui element de construcție sau unei structuri cu încărcările capabile :

$$nq = \sum n_i p_i \leqslant q_{cap}. \tag{2.3}$$

Acest criteriu de verificare intervine atunci cînd se admite redistribuirea plastică a eforturilor pe întreaga structură. (Conducerea în starea limită ultimă a calculului static în stadiul plastic).

2) De oboseală. Elementele de construcții metalice supuse la solicitări repetate se pot rupe în timpul exploatării la valori ale eforturilor unitare mai mici decît rezistențele de rupere corespunzătoare solicitărilor statice, ca urmare a fenomenului de oboseală.

În cazul încărcărilor repetate, verificarea la oboseală se face cu relațiile de la pct. 2.2.3.1 cu deosebirea că termenul de comparație, din membru al doilea, este de forma :

$$\gamma R$$

unde : R este rezistența de calcul a oțelului (v. tabelul 2.16) ;

γ — coeficientul de oboseală care se determină cu relațiile :

$$\gamma = \frac{c}{a - b\rho} \tag{2.4 a}$$

cînd efortul unitar maxim în valoare absolută este de întindere, și

$$\gamma = \frac{c}{b - a\rho} \tag{2.4 b}$$

cînd efortul unitar maxim este de compresiune.

Coeficientul de oboseală γ se limitează la valoarea 1 ($\gamma \leqslant 1$). Coeficienții *a, b, c,* dați în tabelul 2.17, se determină în funcție de numărul ciclurilor încărcărilor variabile și repetate care apar pe durata de exploatare a elementului sau a structurii de oțel, de marca oțelului folosit și de grupa de crestare care caracterizează elementul sau îmbinarea care se verifică (tabelul 2.18).

Coeficientul de asimetrie a ciclului, ρ, se calculează, după caz, cu una din relațiile

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} ; \qquad \rho = \frac{\tau_{min}}{\tau_{max}}. \tag{2.5 a, b}$$

Se verifică la oboseală grinzile căilor de rulare ale podurilor rulante, încadrate în grupele de funcționare III, IV și V, grinzile platformelor pe care sînt încărcări mobile sau utilaje care produc vibrații, elementele estacadelor care suportă convoaie mobile și în general elementele supuse direct acțiunii unor încărcări care conduc la eforturi variabile și repetate.

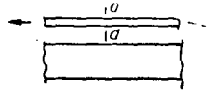
Pentru calculul la oboseală a grinzilor căilor de rulare, se consideră un singur pod rulant, și anume cel cu presiunile cele mai mari pe roată, iar în cazul altor elemente de construcții se consideră un singur convoi sau un singur utilaj, și anume acela care conduce la solicitările cele mai mari.

Tabelul 2.17

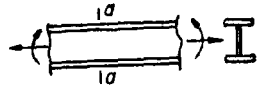
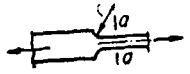
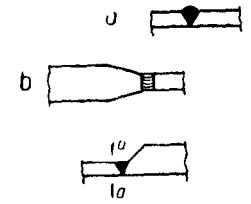
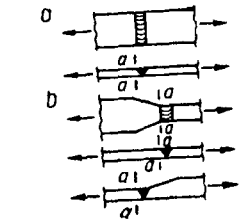
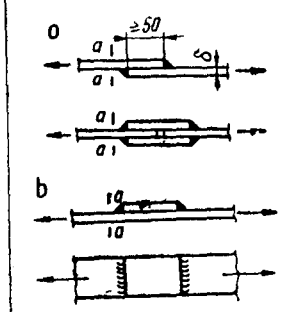
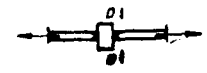
Construcții civile, industriale și agricole	Valorile coeficienților *a*, *b* și *c* pentru verificarea la oboseală						Conform: STAS 10108/0-78
Marca oțelului	Grupa de crestare a elementelor și îmbinărilor (v. tabelul 2.18)	Coeficienții					
		a	*b*	*c*, pentru numărul de cicluri, în milioane [2]			
				0,5	1,0	2,0	3,0	⩾5,0
OL 37 ORCA 37	1	1,20	0,60	1,2	1,1	1,0	0,95	0,90
	2	1,30	0,70					
	3	1,55	0,95	1,3				
	4	1,85	1,25					
	5	2,10	1,50					
	6	2,75	2,15	1,4	1,2			0,85
	7	3,50	2,90					
	8	4,80	4,20					
OL 44 OCS 44 [1] OL 52 OCS 52 ORCA 52	1	1,25	0,65	1,2	1,1	1,0	0,95	0,90
	2	1,45	0,85					
	3	1,80	1,20	1,4	1,2			
	4	2,40	1,80					
	5	2,75	2,15					
	6	3,80	3,20	1,6	1,3			0,85
	7	4,80	4,20					
	8	6,00	5,40					

[1] În lipsa altor indicații oțelurile OCS 55 și OCS 58 se încadrează în această categorie.
[2] În cazul grinzilor căilor de rulare, dacă nu se dispune de date mai exacte, se poate lua: $0{,}5 \cdot 10^6$ pentru regim greu; $1{,}0 \cdot 10^6$ pentru regim foarte greu și $2 \cdot 10^6$ pentru regim foarte greu continuu.

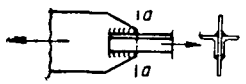
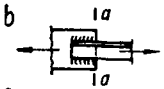
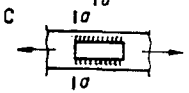
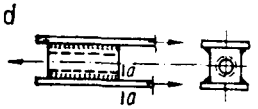
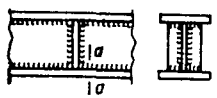
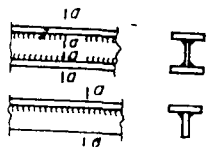
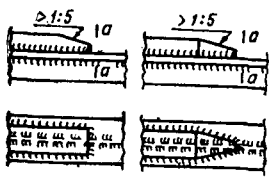
Tabelul 2.18

Construcții civile, industriale și agricole	Grupele de crestare a elementelor și îmbinărilor pentru verificarea la oboseală		Conform: STAS 10108/0-78
Nr. crt.	Schema îmbinării și poziția secțiunii de calcul *a*—*a*	Caracteristica secțiunii	Grupa de crestare
0	1	2	3
1		Metalul de bază cu suprafața rezultată din laminare, neprelucrată și cu marginile rezultate din laminare, tăiere sau prelucrare mecanică în secțiuni departe de suduri, nituri sau șuruburi	1

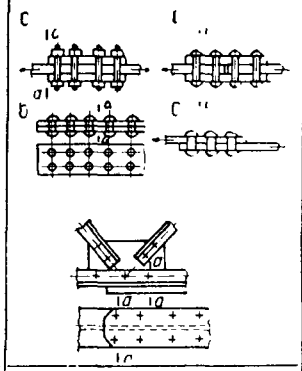
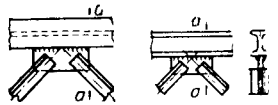
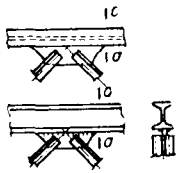
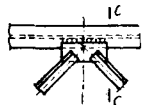
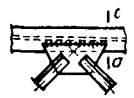
Tabelul 2.18 (continuare)

0	1	2	3
2		Idem, dar cu marginile rezultate din tăiere cu flacăra cu gaz: — tăiere automată — tăiere manuală	2 4
3		Metalul de bază cu suprafața rezultată din laminare și marginile prelucrate mecanic în cazul trecerii de la o lățime la alta cu o racordare curbă de rază: $r = 200$ mm $r = 10$ mm	1 4
4		Metalul de bază în locul trecerii spre o îmbinare cu sudură neprelucrată dar care au o trecere suficient de lină: a) în cazul în care îmbinările tablelor de aceeași lățime și grosime b) în cazul îmbinărilor tablelor de lățimi diferite sau de grosimi diferite, cu o trecere lină	4 5
5		Metalul de bază în locul trecerii spre o îmbinare cu sudură prelucrată în acest loc prin polizare sau frezare: a) în cazul îmbinării tablelor de aceeași lățime și grosime b) în cazul îmbinării tablelor de lățimi sau grosimi diferite	2 3
6		Metalul de bază în locul trecerii spre o sudură în relief transversală (frontală). a) în cazul transmiterii efortului prin suduri fără prelucrare mecanică dacă raportul catetelor este 1 : 5 (cînd cateta mare este în lungul efortului) Idem, în cazul prelucrării mecanice a trecerii de la sudură la metalul de bază b) fără prelucrare mecanică în cazul transmiterii efortului prin metalul de bază Idem, în cazul polizării trecerii de la sudură spre metalul de bază	7 4 6 4
7		Metalul de bază la îmbinări cu placă transversală în cazul trecerii line a sudurii spre metalul de bază: — cu pătrundere adîncă a îmbinării — idem cu prelucrare mecanică a trecerii de la cordonul de sudură la metalul de bază	7 4

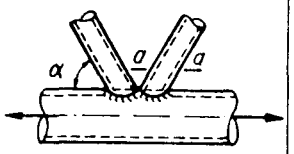
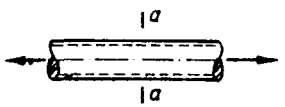
Tabelul 2.18 (continuare)

0	1	2	3
8	a  b  c  d 	Metalul de bază la îmbinări cu suduri în relief laterale, care lucrează la forfecare din forță axială, în locurile trecerii de la element la capătul sudurilor laterale indiferent de prelucrare : a) cu două suduri laterale b) cu suduri frontale și laterale c) în cazul trecerii efortului prin metalul de bază d) piese de ancorare pentru fixarea cablurilor metalice	 8 8 8 8
9		Metalul de bază în apropierea diafragmelor și rigidizărilor sudate cu suduri în relief de tălpile întinse ale grinzilor și elementelor fermelor : — fără prelucrare mecanică a sudurilor, dar în cazul unei treceri line de la sudură la metal în cazul sudurii manuale și semiautomate — idem, în cazul prelucrării mecanice a sudurilor	 4 2
10		Secțiuni dublu T sudate și de alte tipuri, sudate cu suduri longitudinale neîntrerupte : — sudură automată cînd acționează eforturi în lungul axei sudurii în metalul de bază — în cazul sudurii manuale	 2 3
11		Talpa unei grinzi în locul unde se termină tabla de dublare a tălpii în cazul micșorării grosimii (lățimii) tablei care dublează talpa cu o pantă de 1:5 fără prelucrare mecanică a sudurii frontale (transversale) cu raportul catetelor 1 : 2	7

Tabelul 2.18 (continuare)

0	1	2	3
12		Metalul de bază în secțiunile : a) lîngă îmbinări cu șuruburi de înaltă rezistență b) în îmbinări cu nituri, sau în dreptul găurilor libere c) în îmbinări cu nituri cu 2 secțiuni de forfecare d) în îmbinări cu nituri cu o secțiune de forfecare e) în dreptul primului rînd de nituri care prind guseele de elemente continue ale grinzilor cu secțiune plină sau grinzilor cu zăbrele și la capătul tablei care dublează talpa elementului încovoiat	 3 4 5 6 4
13		Gusee de formă dreptunghiulară sudate în continuarea tălpii în T pe elementele de construcții ; fără prelucrare mecanică a trecerii de la guseu la element	8
14		Gusee sudate în continuare sau în T de inimile și tălpile grinzilor și de asemenea de elementele fermelor, cînd au forme curbe de racordare și prelucrare mecanică a trecerii de la gusee la elementele de construcții în cazul pătrunderii sudurii pe toată grosimea gusеului	7
15		Gusee dreptunghiulare sau de formă trapezoidală sudate pe contur de tălpile grinzilor fără prelucrarea mecanică a zonelor de concentrare a eforturilor	7
16		Gusee de formă trapezoidală sudate cu două suduri laterale și două suduri înclinate (cu raportul catetelor 1:1 pentru suduri laterale și 1 : 1,5 pentru sudurile înclinate) în cazul prelucrării mecanice a sudurilor de la capetele guseelor	5
17		Metalul de bază al țevilor lîngă cordonul de sudură realizat cu p esă suport	4
18		Metalul de bază al țevii diagonalei întinse în cazul $s = \frac{t}{D} = \frac{1}{14}$ unde t și D sînt grosimea și diametrul exterior al țevii-talpă	8

Tabelul 2.18 (continuare)

0	1	2	3
19		Metalul de bază al țevii diagonalei întinse, cînd $\gamma_t = \frac{d}{D} = 0{,}4 \ldots 0{,}7$ și $\alpha = 45° \ldots 60°$, în cazul : $s \geqslant 1/14$ $1/14 > s \geqslant 1/20$ $1/20 > s \geqslant 1/35$ unde : s, — vezi pct. 18 d, D — diametrele exterioare ale țevilor diagonalelor și tălpii	 6 7 8
20	Vezi fig. de la pct. 12 a	Șuruburi de înaltă rezistență	1
21	Vezi fig. de la pct. 12 c Vezi fig. de la pct 12 d	Nituri (în cazul calculului la forfecare și strivire) — cu două secțiuni de forfecare — cu o secțiune de forfecare	 4 5
22		Metalul de bază al tijelor întinse filetate, din oțel marca OL 37 la filet M 24 ... M 48 M 56 ... M 72	 4 6

Verificarea la oboseală se face, prin intermediul coeficientului c, pe baza numărului de cicluri efectuate anual și care se determină pe baza modului real de funcționare a utilajului sau pe baza datelor tehnologice. În cazul grinzilor căilor de rulare, dacă nu se dispune de date mai exacte, numărul ciclurilor se poate lua egal cu :

$0{,}5 \cdot 10^6$ pentru grupa de funcționare III ;

$1{,}0 \cdot 10^6$ pentru grupa de funcționare IV ;

$2{,}0 \cdot 10^6$ pentru grupa de funcționare V.

2.2.3.2. **Verificarea stărilor limită ale exploatării normale.** Verificarea siguranței construcțiilor și elementelor de construcții după starea limită a exploatării normale se face prin compararea deplasărilor statice sau a amplitudinilor deplasărilor dinamice cu valorile limită acceptate de norme în funcție de natura solicitării, de importanța și rolul pe care elementul în cauză îl are în construcție.

— În cazul elementelor solicitate axial :

$$\lambda_{max} = \frac{l_f}{i_{min}} \leqslant \lambda_a \qquad (2.6)$$

unde : λ_{max} este coeficientul de zvelțețe maxim al barei ;

l_f — lungimea de flambaj care se stabilește pe baza indicațiilor din cap. 4 ;

i_{min} — raza de girație minimă a secțiunii transversale a elementului ce se verifică ;

λ_a — coeficientul de zvelțețe admisibil stabilit în tabelul 2.19, în funcție de destinația și importanța elementului, de natura și modul solicitării (întindere, compresiune, static, dinamic).

— În cazul elementelor încovoiate :

$$f_{max} \leqslant f_a \qquad (2.7)$$

unde : f_{max} este săgeata maximă a grinzii produsă de acțiunile normate, calculată în stadiul elastic, fără coeficienți dinamici (ψ, α) și fără coeficientul de oboseală (γ) ;

f_a — săgeata limită admisibilă, precizată în tabelul 2.20, în funcție de deschiderea de calcul, importanța și destinația elementului.

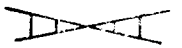
Tabelul 2.19

Coeficienții de zvelțețe admisibili λ_a

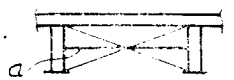
Felul construcției	Sistemul de rezistență		Elemente	Coeficientul de zvelțețe admisibil la bare			Observații
				Comprimate	Întinse, solicitate de încărcări : Dinamice	Întinse, solicitate de încărcări : Statice	
0	1		2	3	4	5	6
Hale industriale și structuri spațiale	Pane	Cu zăbrele	Tălpi	120	250	400	
			Diagonale și montanți	150	350	400	
		Armate cu vergele și montanți	Tălpi	120			
			Diagonale	200			
			Montanți	150			
	Ferme		Tălpi, diagonale și montanți de reazem	120[1]	250 (250)	400 (250)	(...) la construcții solicitate de încărcări date de podurile rulante cu regim de funcționare IV și V
			Celelalte bare ale fermelor	150	350 (300)	400 (300)	
			Elementele barelor compuse	50	80	80	

[1] Pentru tălpile nelegate în timpul montajului $\lambda_a = 250$, iar după montaj $\lambda_a = 120$.

Tabelul 2.19 (continuare)

0	1			2	3	4	5	6
Hale industriale și structuri spațiale	Supraluminător	Sistem trapezoidal		Rigle	100			
				Diagonale		300	300	
				Montanți	150			
		Sistem M		Rigle și montanți	150			
		Sistem pe trei reazeme		Tălpi	120		400	
				Diagonale și montanți	150		400	
	Stîlpi	Fontă			100			
		Principali	Inimă plină		120			
			Cu zăbrele	Ramuri	120			
				Zăbrele	150			
				Elementele barelor compuse	50	80	80	
		Secundari			150			
	Structuri spațiale cu bare dintr-o singură cornieră solicitată :			Sub 50% din capacitatea portantă	150	350	400	
				Sub 100% din capacitatea portantă	150	300	350	
Hale industriale	Grinzi de rulare și grinzi de frînare	Cu zăbrele		Tălpi	120	150 (150)		(...) la construcții solicitate de încărcări date de podurile rulante cu regim de funcționare IV și V
				Diagonale și montanți de reazem	120	250 (250)		
				Celelalte bare ale grinzilor	150	350 (300)		
		Cu inimă plină		Talpa inferioară a grinzilor căilor de rulare		150 (150)		
	Pereți				150			(...) la construcții solicitate de încărcări date de podurile rulante cu regim de funcționare IV și V
	Contravîntuiri	Între stîlpi sub grinzile căilor de rulare			150	300	300	
		Celelalte			250	400	400	
	Portale de frînare	Diagonale încrucișate				300 (200)	300 (200)	
		Alte sisteme				(150)	(150)	

Tabelul 2.19 (continuare)

0	1		2	3	4	5	6
	Elemente pentru reducerea lungimii de flambaj (a)			250			
Stavile	Elemente	Principale	Tălpi, montanți și diagonale de reazem	120	200	200	
		Secundare	Celelalte bare	150	300	300	
		De legătură		200	400	400	
Poduri de șosea	Grinzi principale		Tălpi, montanți și diagonale din sistemul grinzii	100	150	150	
	Elemente secundare care nu fac parte din sistemul de grinzi		Montanți falși	130	200	200	
	Contravîntuiri			150	200	200	
Poduri de cale ferată	Grinzi principale		Tălpi	100	150	150	
			Diagonale, montanți	120	150	150	
			Montanți secundari	150	200	200	
	Contravîntuiri	Orizontale	Diagonale	200	200	200	
		Transversale	Toate elementele	200	200	200	
		Superioare la pod cu calea jos	Rigle	200	200	200	

Săgeți admisibile f_a *Tabelul 2.20*

Nr. crt.	Denumirea elementelor de construcție	$\frac{f_a}{l}$	Conform
0	1	2	3
	A. Construcții civile, industriale și agricole		STAS 10108/0-78
1	Grinzile căilor de rulare cu inimă plină sau cu zăbrele pentru :		
	a) poduri rulante manuale	1/500	
	b) poduri rulante electrice cu capacitatea de ridicare $Q \leqslant 500$ kN	1/600	
	c) poduri rulante electrice cu capacitatea de ridicare $Q > 500$ kN	1/750	
2	Căile de rulare ale grinzilor rulante	1/500	
3	Căile de rulare pentru cărucioare rulante	1/400	
4	Grinzile platformelor clădirilor industriale :		
	a) cînd nu susțin linii ferate sau utilaje care produc vibrații :		
	— grinzi principale	1/400	
	— celelalte grinzi	1/250	
	b) cînd susțin căi ferate înguste	1/400	
	c) cînd susțin căi ferate cu ecartament normal	1/600	
5	Grinzile planșeelor dintre etaje :		
	a) grinzi principale	1/350	
	b) celelalte grinzi	1/250	
6	Grinzile acoperișului și planșeelor podurilor clădirilor :		
	a) ferme, grinzi principale și grinzi care susțin cadre de luminător	1/250	
	b) pane și căpriori	1/200	
7	Elementele șarpantei, pereților și luminătoarelor :		
	a) bare verticale și rigle	1/200	
	b) sprosurile ferestrelor (în plan vertical și orizontal)	1/180	
	c) stîlpii pereților cînd materialul de închidere este elastic (tablă, azbociment, materiale plastice)	1/200	
8	Panouri metalice de învelitoare :		
	a) în zone fără aglomerări de zăpadă	1/150	
	b) în zone cu aglomerări de zăpadă	1/100	
9	Tabla platelajului la platformele industriale	1/150—1/200	
10	Estacade de conducte :		
	a) la grinzi principale	1/350	
	b) la grinzi secundare	1/300	
	B. *Construcții metalice hidrotehnice*		
1	Tabla platelajului la stavile și porți de ecluză	1/200	
2	Grinzi secundare, în funcție de importanța lor	1/300—1/500	
3	Stavile plane :		
	a) Grinzi principale cu inimă plină :		
	— definitive	1/750	
	— provizorii	1/500	
	b) Grinzi principale cu zăbrele :		
	— definitive	1/1000	
	— provizorii	1/750	
	c) Grinzi principale laminate :		
	— definitive	1/600	
	— provizorii	1/500	

Tabelul 2.20 (continuare)

0	1	2	3
	C. *Poduri metalice de cale ferată*		
1	Grinzi principale cu inima plină sau cu zăbrele	1/500	STAS 1911-75
	D. *Poduri de șosea*		STAS 1844-75
1	Grinzile trotuarului	1/300	STAS 1911-75
2	Grinzile căii sub acțiunea :		
	a) vehiculelor cu șenile	1/500	
	b) autocamioanelor	1/600	
3	Grinzi principale cu inimă plină sub acțiunea :		
	a) vehiculelor cu șenile	1/600	
	b) autocamioanelor	1/700	
4	Grinzi principale cu zăbrele sub acțiunea :		
	a) vehiculelor pe șenile	1/800	
	b) autocamioanelor	1/900	
5	Poduri combinate	1/500	
6	Sisteme suspendate (suma săgeților)	1/600	
7	Sisteme suspendate combinate (suma săgeților)	1/600	
8	Deformația în plan orizontal a suprastructurii podurilor de șosea și cale ferată	1/5000	

2.3. Metoda rezistențelor admisibile

2.3.1. Principiile metodei

Metoda rezistențelor admisibile se aplică în prezent, în R.S. România, în diverse domenii ale construcțiilor din oțel, cum ar fi : construcțiile metalice hidrotehnice, podurile de șosea și cale ferată, structurile din oțel ale utilajelor și instalațiilor de ridicat și transportat, construcțiile speciale din oțel din sectoarele siderurgice etc. În aceste domenii nu se dispune încă, în suficientă măsură, de datele necesare privind aplicarea metodelor de calcul după stările limită.

Metoda de dimensionare după rezistențele admisibile constă în compararea efortului unitar calculat în punctul sau fibra cea mai solicitată cu o valoare de comparație numită rezistență admisibilă. Rezistența admisibilă, corespunzătoare unei mărci de oțel, este definită prin raportul dintre valoarea normată a limitei de curgere și un coeficient supraunitar, numit coeficient de siguranță.

Elementele de construcție care se dimensionează cu metoda rezistențelor admisibile trebuie să satisfacă următoarele condiții de dimensionare :

— condițiile capacității portante de exploatare ;

— condițiile de rigiditate ;

— condițiile constructive (v. paragraful 2.4 care este comun pentru ambele metode de calcul).

2.3.2. Încărcări, acțiuni

În vederea sistematizării calculelor, a stabilirii coeficienților de siguranță și a rezistențelor admisibile, încărcările, respectiv acțiunile care solicită elementele și structurile din oțel se grupează, așa cum se vede din tabelul 2.21, în funcție de tipul construcției, după cum urmează :

1) La construcții metalice hidrotehnice, în :

— *încărcări fundamentale*, care acționează de obicei cu regularitate, în tot timpul exploatării construcției. Aici sînt cuprinse încărcările permanente și cele climatice ;

— *încărcări accidentale*, care acționează de obicei neregulat și intermitent ;

— *încărcări excepționale*, care acționează întîmplător și pot avea un caracter catastrofal.

2) La poduri și pasarele gruparea se face în funcție de durata de manifestare a acțiunilor, astfel :

— *acțiuni fundamentale*, care cuprind acțiunile permanente, acțiunile temporare de lungă și scurtă durată ;

— *acțiuni temporare de scurtă durată suplimentare*, care cuprind acțiunile rezultate din modul de manifestare a acțiunilor fundamentale precum și acțiunile climatice ;

— *acțiuni excepționale*, care acționează întîmplător și foarte rar în viața construcției, însă pot avea efecte catastrofale.

În activitatea de proiectare, valorile diferitelor tipuri de încărcări și acțiuni se pot stabili pe baza încărcărilor normate precizate în tabelele date la pct. 2.1.3.

Dacă încărcările, respectiv acțiunile, se aplică cu viteză asupra construcției, dinamic, atunci este necesar ca la evaluarea lor să se țină seama și de forțele de inerție ale elementului de construcție respectiv.

Încărcarea dinamică se obține prin multiplicarea încărcării statice echivalente cu coeficientul dinamic ψ, numit și coeficient de impact și care are valori supraunitare.

2.3.2.1. **Ipoteze de încărcare și grupări de acțiuni.** În general, încărcările și acțiunile nu se manifestă în mod izolat asupra construcțiilor ci mai multe odată, sub formă de grupări, în diferite combinații.

În funcție de aceste combinații, numite ipoteze de încărcare, respectiv grupări de acțiuni, normele stabilesc rezistențe admisibile diferite, justificate prin posibilitatea mai mare sau mai mică, de acțiune simultană a mai multor încărcări.

Ipotezele de încărcare și grupările de acțiuni sînt arătate în tabelul 2.21 pentru cele două tipuri de construcții ; construcții metalice hidrotehnice și poduri metalice.

2.3.2.2. **Standarde și lucrări care se vor consulta în vederea stabilirii încărcărilor și acțiunilor.** Pentru stabilirea valorică a încărcărilor, a acțiunilor, a ipotezelor de încărcare, a grupărilor de acțiuni și a coeficienților dinamici,

Tabelul 2.21

Construcții metalice hidrotehnice și poduri metalice

Ipoteze de încărcare și grupări de acțiuni

Încărcări și ipoteze de încărcare la :				Construcții metalice hidrotehnice, conform DIN 19704, [10, 11]	Acțiuni și grupări de acțiuni la :			Poduri și pasarele, conform STAS 1911-75 ; STAS 1844-75
Permanente			IPOTEZA I FUNDAMENTALĂ	Greutatea proprie Greutatea moartă Împingerea pământului Presiunea apei la nivel normal Forțe de frecare la reazeire Gheață lipită de construcție Împingerea materialelor pulitoare	Permanente	Temporare de lungă durată	GRUPAREA I FUNDAMENTALĂ	Greutatea căii Greutatea structurii de rezistență Împingerea pământului Forțele de precomprimare
Climatice				Variația temperaturii Presiunea și sucțiunea vîntului Încărcarea cu zăpadă pe suprafețe orizontale		Temporare de scurtă durată		Încărcările produse de greutatea obiectelor sau instalațiilor montate pe pod (conducte, cabluri) Variațiile termice anuale Deformațiile în timp ale betonului Tasarea și deplasarea fundațiilor Subpresiunea hidrostatică la nivel mediu
Accidentale		IPOTEZA II		Presiunea apelor excepționale Presiunea gheții Presiunea valurilor în caz de furtună Blocarea dispozitivelor de rulare prin înghețare Variații deosebite de temperatură Încărcări nesimetrice din acționări unilaterale	Temporare de scurtă durată suplimentare		GRUPAREA II FUNDAMENTALĂ SUPLIMENTATĂ	Încărcările din convoaiele tip Forța centrifugă la poduri în curbă Încărcările produse de oameni pe trotuare și peroane Încărcările cu cărucioare electrice pe peroane Forțele de inerție la podurile mobile Împingerea pământului, produsă de convoaiele tip sau alte încărcări
Excepționale	IPOTEZA III			Forța seismică Încărcări din transportul, execuția și montajul elementelor Presiunea unilaterală a apei Izbirea navelor și ambarcațiunilor Încărcări produse prin distrugerea unor elemente	Excepționale	GRUPAREA III SPECIALĂ		Frecarea la aparatele de reazem mobile Frînarea vehiculelor Șerpuirea vehiculelor Variațiile termice zilnice Diferența de temperatură între elementele construcției Presiunea vîntului Presiunea și subpresiunea apei la nivel maxim și minim Presiunea gheții Încărcarea cu zăpadă Încărcările care apar la montajul în consolă a suprastructurilor Izbirea vehiculelor de borduri sau parapete de siguranță Încărcările provenite din transportul, execuția și montajul elementelor Izbirea elementelor infrastructurii (pile sau culee) de către vehicule care circulă pe sub pod Izbirea navelor și ambarcațiunilor de pilele podurilor Forța seismică Încărcări produse de aglomerări de oameni pe partea carosabilă și trotuare Încărcări produse prin distrugerea unor instalații fixe.

pe lîngă încărcările normate prezentate la pct. 2.1.3, se vor consulta următoarele standarde și lucrări :

1) Construcții metalice hidrotehnice ;
   — Construcții metalice hidrotehnice DIN 19704
   — Lucrările cu specific hidrotehnic.
2) Poduri metalice de cale ferată, șosea și pasarele :
   STAS 1489-75. Poduri de cale ferată. Acțiuni.
   STAS 3220-65. Poduri de cale ferată. Convoaie tip.
   STAS 4392-75. Căi ferate normale. Gabarite.
   STAS 1545-75. Poduri pentru străzi, șosele, pasarele. Acțiuni.
   STAS 3221-75. Poduri pentru străzi și șosele. Convoaie tip și clase de încărcare.
   STAS 2924-73. Lucrări de drumuri și poduri. Dimensiuni de gabarit.

2.3.3. Verificarea siguranței construcțiilor după metoda rezistențelor admisibile

2.3.3.1. Condițiile capacității portante de exploatare. Condițiile capacității portante de exploatare se referă la :
— verificări de rezistență ;
— verificări de stabilitate ;
— verificări la oboseală, în cazul încărcărilor repetate.

Capacitatea portantă de exploatare rezultă din următoarea condiție generală :

$$\sigma_{max} = \frac{S_{max}}{F} \leqslant \frac{\sigma_c}{c} = \sigma_a \qquad (2.8)$$

unde: S este solicitarea maximă în secțiunea care se verifică (din încărcările normate, dacă este cazul, amplificate cu coeficientul dinamic) în cele trei grupări de încărcări ($N = N_g + \psi N$; $M = M_g + \psi M_r$; T, M_r etc.) ;

F — caracteristica geometrică a secțiunii (A_n, φA, W_n, A_s, W_s etc.) care intervine în funcție de felul solicitării ;

σ_c — valoarea normată a limitei de curgere a oțelului folosit ;

c — coeficientul de siguranță diferit pentru cele trei grupări de încărcări (tabelul 2.22) ;

Tabelul 2.22

Poduri metalice și construcții metalice hidrotehnice	Coeficienți de siguranță	Conform STAS 1911-75

Gruparea de acțiuni	Valorile coeficienților de siguranță	
	c_1 [1]	c_2 [2]
I	1,50	1/0,75
II	1,35	1/0,80
III	1,20	1/0,85

[1] Coeficientul de siguranță c_1 servește la determinarea rezistenței admisibile pentru elemente laminate din oțel supuse la solicitări statice ; $\sigma_a = \sigma_c / c_1$

[2] Coeficientul c_2 servește la determinarea rezistenței admisibile la eforturi de comparație ; $\sigma_{echiv,\,a} = \sigma_c / c_2$

Tabelul 2.23

Poduri și construcții metalice hidrotehnice	Rezistențe admisibile pentru calculul elementelor din oțel laminat												Conform STAS 1911-75									
	Rezistențe admisibile, în daN/cm², pentru mărcile de oțel și corespunzător grupărilor de acțiuni												OCS 52									
	OL 37			OL 44			OL 52			OCS 44												
Solicitarea	Gruparea de acțiuni																					
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Clasa de calitate	1 2									3 4												
Întindere Compresiune Încovoiere σ_a	1 450	1 650	1 850	1 700	1 900	2 200	2 200	2 400	2 700				2 300	2 600	2 900	2 400	2 700	3 000				
	1 600	1 800	2 000	1 900	2 150	2 400	2 400	2 700	3 000													
Forfecare τ_a	840	940	1 060	1 000	1 100	1 250	1 270	1 400	1 600				1 350	1 500	1 700	1 400	1 550	1 750				
	920	1 020	1 150	1 120	1 240	1 400	1 380	1 540	1 730													
Încărcare combinată $\sigma_{echiv,\,a}$	1 650	1 750	1 900	1 950	2 100	2 200	2 400	2 550	2 800				2 400	2 750	2 900	2 700	2 900	3 000				
	1 800	1 920	2 050	2 200	2 300	2 500	2 700	2 900	3 000													
Clasa de calitate	1 2									3 4												

σ_a este rezistența admisibilă dată în tabelul 2.23, stabilită în funcție de calitatea oțelului, ipoteza de încărcare și natura solicitării.

La construcțiile hidrotehnice la care pericolul coroziunii este mai mare se recomandă ca grosimea rezultată din calcule să fie majorată cu 1—2 mm.

În cazul încărcărilor repetate, verificarea la oboseală se face numai pentru gruparea I de acțiuni cu relații de tipul :

$$\sigma_{max} \leqslant \xi \sigma_{R_a} \tag{2.9}$$

$$\tau_{max} \leqslant \xi \tau_{R_a} \tag{2.10}$$

în care : σ_{max} și τ_{max} reprezintă eforturile unitare maxime în valoare absolută ;

σ_{R_a} și τ_{R_a} — rezistențele admisibile la oboseală în funcție de coeficientul de asimetrie al ciclului $R_\sigma = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ și de grupa de crestare (date în STAS 1911-75) ;

ξ — un coeficient care ține seama de probabilitatea realizării spectrelor de solicitare ce produc fenomenul de oboseală și care are valori între 1 și 1,2.

2.3.3.2. **Condițiile de rigiditate.** Pentru a exclude posibilitatea de apariție a unor deformații la transport, montaj, vibrații în exploatare, deformații exagerate sub încărcări, elementele de construcții trebuie să satisfacă :

— În cazul elementelor solicitate axial

$$\lambda_{max} \leqslant \lambda_a \tag{2.11}$$

unde : λ_{max} este coeficientul de zvelțețe maxim ;

λ_a — coeficientul de zvelțețe admisibil dat în tabelul 2.19, stabilit în funcție de destinația elementului, importanța lui și de natura solicitării (întindere, compresiune în regim static sau dinamic).

— În cazul elementelor solicitate la încovoiere

$$f_{max} \leqslant f_a \tag{2.12}$$

unde : f_{max} este săgeata maximă a grinzii calculată din încărcarea normată fără coeficienți dinamici ;

f_a — săgeata admisibilă stabilită în funcție de destinația și importanța elementului (v. tabelul 2.20)

2.4. Condiții constructive

În funcție de destinația construcției, de modul de realizare a prinderilor și înnădirilor, de rolul elementului respectiv în construcție, indiferent de metoda de calcul, se cere respectarea unor condiții referitoare la :

1) *Grosimea dimensiunilor minime* ale produselor laminate folosite la confecționarea construcțiilor metalice (tabelul 2.24).

2) *Distanța minimă, s,* dintre elementele componente ale secțiunii compuse în vederea asigurării întreținerii suprafețelor :

Tabelul 2.24

Dimensiunile minime ale laminatelor folosite la confecționarea construcțiilor din oțel

	Destinația		Modul de asamblare [1]	Dimensiuni minime (mm) pentru : Elemente plate : Inimă	Elemente plate : Tălpi, gusee etc.	Oțel cornier	Oțel I, U	Diverse
Construcții civile și industriale	Grinzi compuse cu inimă plină	Mici	N	6	8	60×60×6		
			S	6	12			
		Mari	N	8	8	80×80×8		
			S	8	12			
	Grinzi cu zăbrele	Mici	N		6	45×45×4		
			S		6	40×40×4		
		Mari	N		8	50×50×6	I 8	
			S		8	45×45×4	U 8	
	Stîlpi cu inimă plină	Mici	N	6	10	60×60×6		
			S	6	10			
		Mari	N	8	12	80×80×8		
			S	8	12			
	Baza stîlpilor	Traverse	N, S		8			
		Placa de bază	N, S		20			
	Fururi				4			
Stavile	Tabla platelajului	Stavile mici	N, S		6			
		Stavile normale	N, S		8			
	Celelalte elemente		N, S		6	50×50×6	I 8 U 8	
Poduri și pasarele	Grinzi	Inimă plină	N	8(10)	8(10)	70×70×8 [2]		
			S	8(10)	8(10)			
		Zăbrele	N	8(10)	10	70×70×8	I 16	
			S		10	70×70×8	U 12	
		Din profile laminate	N, S	8			I 22; U18	
	Contravîntuiri		N, S		8	70×70×8		
	Zăbrelițe la poduri	Sosea	N		60×10	60×40×5		
		Cale ferată	N		60×10	60×60×8		
	Trotuare paralele		N, S			60×60×6	U 12	
	Fururi	Acoperite	N, S		2			
		Neacoperite			4			
Oțelcare	Elemente de fabricare	Nituri						$d \geqslant 13$ mm ($d \geqslant 17$ mm)
		Șuruburi						M 14 (M 16)
		Sudură						$a > 3$ mm

[1] N — cu nituri ; S — cu sudură.
[2] Pentru corniere care nu trebuie înnădite 80×80×10.
(...) Pentru poduri de cale ferată

— la secțiuni puțin depărtate (fig. 2.2,*a*). Se consideră că întreținerea este posibilă dacă distanța *s* satisface condițiile din tabelul 2.25. Dacă aceste condiții nu pot fi respectate și dacă elementul lucrează într-un mediu agresiv, spațiul dintre elemente se va completa cu fururi continue (fig. 2.2,*b*) sau se va închide cu oțel rotund, pătrat sau benzi din oțel (fig. 2,2, *e*, *f*, *g*);

— la secțiuni mult depărtate (fig. 2.2, *c*). Între profilele componente ale secțiunii se va asigura un interval net de minimum 120 mm. În cazul cînd acest interval nu poate fi asigurat se recomandă închiderea completă a spațiului dintre profile;

Tabelul 2.25

Distanța minimă s_{max} dintre elementele secțiunii pentru asigurarea întreținerii

Destinația construcției		Distanța minimă *s* care asigură întreținerea (v. fig. 2.2)	
Clădiri civile în mediu agresiv		10 mm	$b/16$
Construcții industriale în mediu agresiv	Obișnuite	10 mm	$b/10$
	Pentru chimie	—	$b/3$
Construcții înalte		10 mm	$b/6$
Stavile		15 mm	$b/6$
Poduri [1]		15 mm	$b/6$

[1] La bare cu secțiune compusă solidarizate cu zăbrelițe se respectă doar $s \geq l/6$

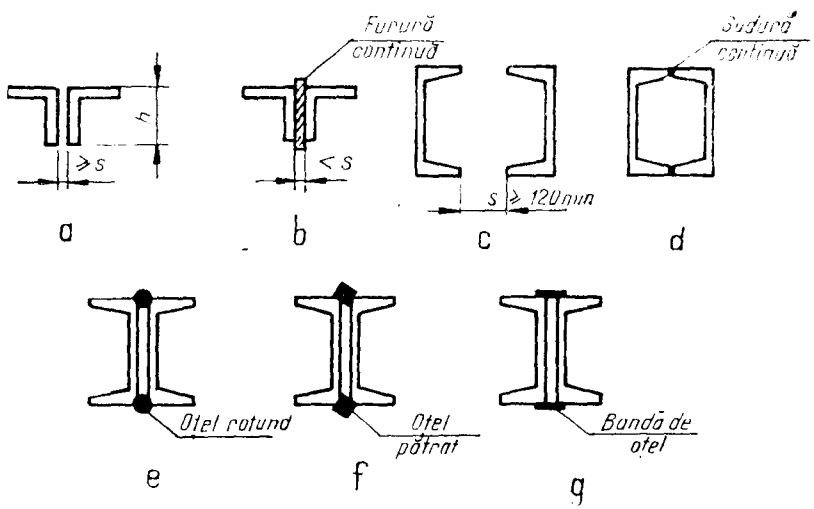


Fig. 2.2.

— la secțiuni închise (tubulare, fig. 2.2, *d*) se recomandă închiderea etanșă a spațiului interior. La capetele barelor se prevăd căpăcele de închidere sau alte soluții constructive.

3) *Sortimentul de laminate* folosit să fie minim în vederea simplificării aprovizionării și a execuției în uzină. (De exemplu se recomandă ca numărul tipurilor de corniere la executarea unei ferme să nu depășească 5—6).

4) *Dimensiunile principale ale secțiunii* sînt impuse de:

— dimensionare optimă a elementului care să conducă la reducerea maximă a consumului de oțel și în același timp de manoperă;

— condiții impuse de transport astfel ca o cantitate cît mai importantă de manoperă să fie prestată în atelier și deci pe cît posibil dimensiunile secțiunii ca și lungimea elementelor să se încadreze în gabaritele de transport;

— condiții impuse de tehnologie (de exemplu, înălțimea grinzilor căilor de rulare, a grinzilor platformelor, înălțimea grinzilor de capăt la stavile plane, înălțimea de construcție la poduri etc.);

— dimensiunile elementelor învecinate și care se leagă sau se sprijină pe elementul a cărui secțiune se verifică.

* * *

Un element de construcție se consideră dimensionat corespunzător, indiferent de metoda de calcul folosită, dacă satisface în limitele prescrise toate cele trei condiții de dimensionare, și anume:

1) În cazul metodei stărilor limită.
   — stările limită ultime;
   — stările limită ale exploatării normale;
   — condițiile constructive.
2) În cazul metodei rezistențelor admisibile.
   — condițiile capacității portante de exploatare;
   — condițiile de rigiditate;
   — condițiile constructive.

Trebuie subliniat că ordinea verificărilor nu trebuie în mod neapărat să fie cea prezentată mai înainte. Astfel, de cele mai multe ori, condițiile constructive se verifică odată cu alegerea elementelor componente ale secțiunii.

3. BARE SOLICITATE LA ÎNTINDERE

3.1. Elemente de calcul

3.1.1. Alcătuirea barelor solicitate la întindere

Barele întinse, tiranți sau elemente ale grinzilor cu zăbrele, se alcătuiesc din profile laminate. La alcătuirea secțiunii se ia în considerare rolul barei în construcție, mărimea solicitării, calitatea materialului și modul de execuție.

După modul de alcătuire al secțiunii transversale, barele întinse pot fi realizate cu :

— secțiune unitară, formată dintr-un singur element laminat, sau din mai multe elemente asamblate continuu pe toată lungimea lor (fig. 3.1) ;

— secțiuni compuse formate din două elemente puțin depărtate (fig. 3.2) ;

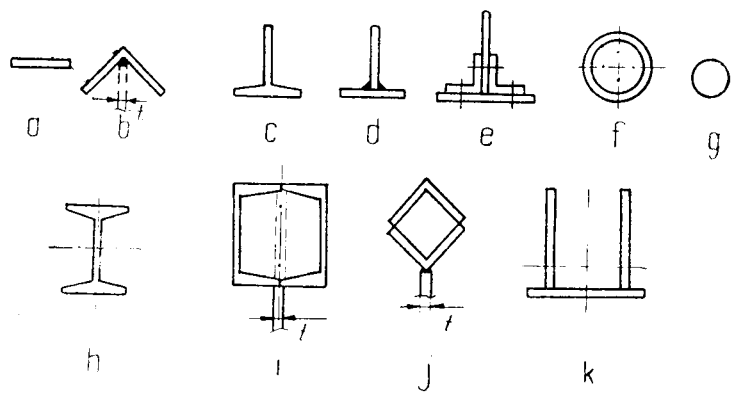


Fig. 3.1.

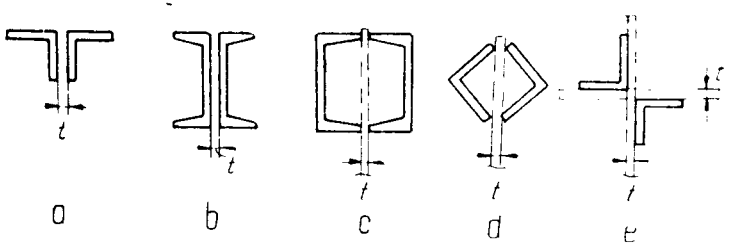


Fig. 3.2.

— secțiuni compuse, formate din două sau mai multe elemente mult depărtate (fig. 3.3) ;

În cazul grinzilor cu zăbrele, după cum prinderea barelor în noduri necesită gusee așezate într-un plan sau în două plane paralele, barele pot fi clasificate în bare cu :

— secțiune cu un singur perete, soluție care poate fi aplicată în cazul unor solicitări mici și mijlocii ;

— secțiune cu doi pereți, folosită în cazul unor solicitări mari și foarte mari.

Alegerea secțiunii cu un perete sau doi pereți este condiționată de dimensionarea avantajoasă a barelor comprimate.

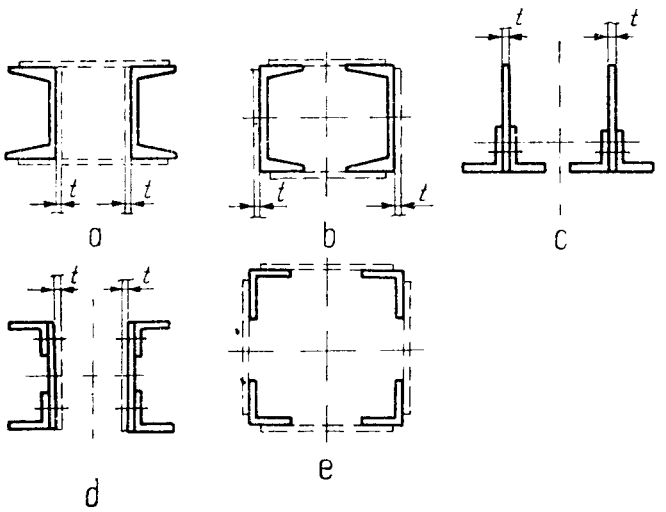


Fig. 3.3.

Secțiunile arătate în fig. 3.1, cu excepția secțiunii *k*, și în fig. 3.2 sînt secțiuni ale grinzilor cu un perete. Secțiunile din fig.3.1, *i* și *k* și cele arătate în fig. 3.3 sînt caracteristice pentru grinzile cu doi pereți.

Toate aceste secțiuni pot fi întărite prin adăugiri de platbande nituite sau sudate pe secțiunile de bază.

3.1.2. Dimensionarea barelor solicitate la întindere centrică și excentrică

Alegerea secțiunii și verificarea eforturilor unitare a barelor întinse se face în funcție :

— de forța axială maximă de întindere care apare în bară în gruparea încărcărilor cea mai defavorabilă ;

— de calitatea oțelului ;

— de considerente constructive.

3.1.2.1. **Alegerea secțiunii.** Aria brută necesară a secțiunii unei bare solicitată la întindere centrică se determină cu relația :

$$A_{nec}=\frac{N}{\alpha R} \tag{3.1}$$

în cazul metodei după stările limită și

$$A_{nec}=\frac{N}{\alpha \sigma_a} \tag{3.2}$$

în cazul metodei rezistențelor admisibile.

În relația (3.1) :

N reprezintă efortul maxim de calcul, obținut prin însumarea efectului încărcărilor normate multiplicate fiecare cu coeficientul încărcării respective și cu luarea în considerare a coeficientului de simultaneitate (v. cap. 2) ;

R reprezintă rezistența de calcul corespunzătoare calității oțelului ;

α este un coeficient de slăbire al secțiunii și care se poate lua :

$\alpha = 1$ pentru construcții sudate ;

$\alpha = 0{,}85 \ldots 0{,}9$ pentru construcții nituite sau executate cu șuruburi.

În relația (3.2) :

N reprezintă efortul de întindere calculat din încărcările normate în cele trei grupări (fundamentală, suplimentară și extraordinară) ;

σ_a este rezistența admisibilă corespunzătoare calității oțelului și grupării respective de încărcare (v. cap. 2) ;

α are aceleași valori ca mai înainte.

3.1.2.2. **Verificarea secțiunii barelor solicitate la întindere din încărcări statice.** Se fac următoarele verificări :

1) Verificarea capacității portante cu metoda stărilor limită se face cu relația

$$\sigma=\frac{N}{A_n}\leqslant R \tag{3.3}$$

iar cu metoda rezistențelor admisibile

$$\sigma=\frac{N}{A_n}\leqslant \sigma_a \tag{3.4}$$

N și R din relația (3.3) respectiv N și σ_a din relația (3.4) au semnificațiile arătate mai înainte ; A_n reprezintă aria netă a barei, care se obține scăzînd din aria secțiunii brute slăbirile provocate prin găuri. La construcțiile sudate de regulă aria netă este egală cu aria brută.

La construcțiile nituite sau executate cu șuruburi aria netă trebuie determinată în secțiunea cea mai slăbită.

De exemplu, în cazul unei corniere găurite pe o singură aripă (fig. 3.4), ruperea probabilă se produce în secțiunea $1-1$ unde aria este minimă

$$A_n^{1-1}=A-dt. \tag{3.5}$$

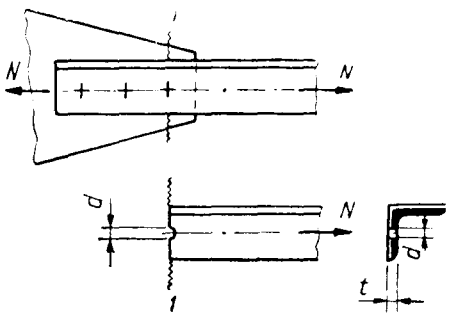


Fig. 3.4.

În cazul unei corniere găurite pe ambele aripi (fig. 3.5), ruperea se poate produce într-o secțiune normală $1-1$ sau dacă distanța dintre cele două găuri nu este prea mare se poate produce prin două găuri, în secțiunea $2-2$, numită secțiunea sinuoasă.

Aria secțiunii sinuoase (fig. 3.5), rezultă din :

$$A_n^{2-2}=\left(2a+b-2d-\frac{2t}{2}\right)t. \tag{3.6}$$

În cazul unei platbande prinse în nod ca în fig. 3.6, ruperea se poate produce în secțiunea normală $1-1$ prin cele două găuri (fig. 3.6, a)

$$A_n^{1-1}=(b-2d)t \tag{3.7}$$

sau în secțiunea normală $(2-2)$ prin trei găuri (fig. 3.6, b)

$$A_n^{2-2}=(b-3d)t. \tag{3.8}$$

Verificarea efortului unitar se va face ținînd seama însă că efortul în bară înaintea acestă secțiune este numai $\frac{5}{7}N$ deoarece $\frac{2}{7}$ din efort a trecut din bară în

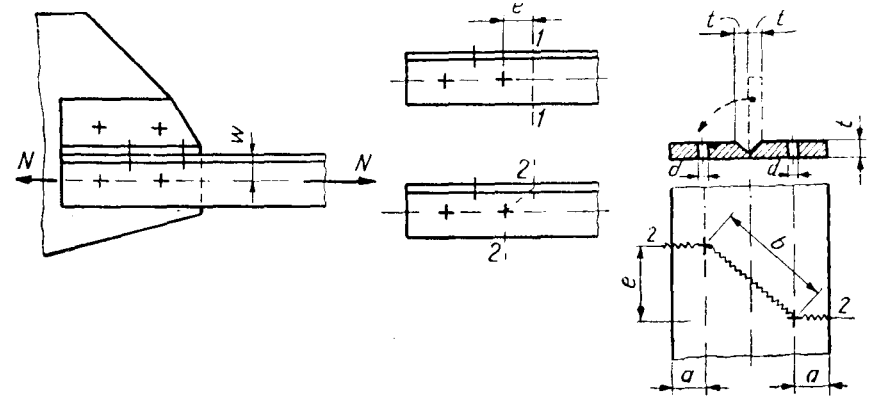


Fig. 3.5

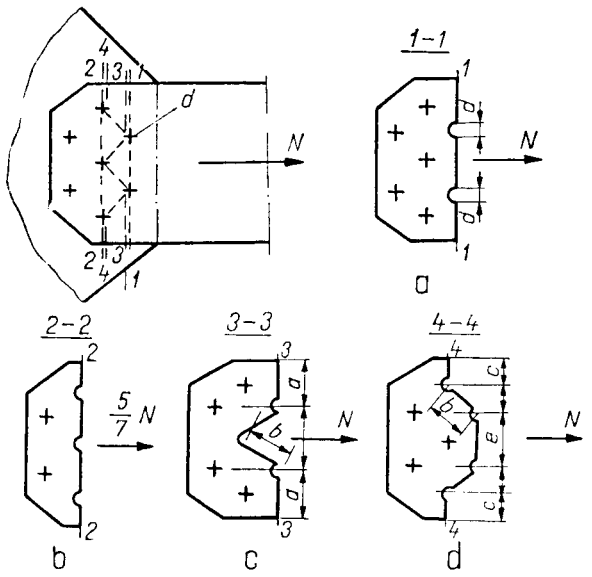


Fig. 3.6

guseu prin cele două nituri din fața secțiunii *2—2*, sau în secțiunea sinuoasă *3—3* prin trei găuri (fig. 3.6,*c*)

$$A_n^{3-3} = (2a + 2b - 3d)t \tag{3.9}$$

sau în secțiunea sinuoasă *4—4* prin patru găuri (fig. 3.6,*d*)

$$A_n^{4-4} = (2c + 2b + e - 4d)t. \tag{3.10}$$

Dintre aceste secțiuni nete se va considera cea mai defavorabilă.

În cazul unor secțiuni compuse din mai multe elemente, aria netă se obține prin însumarea ariilor nete minime ale elementelor componente calculate pentru secțiuni normale sau sinuoase suficient de învecinate.

La construcțiile executate cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate, aria netă se ia egală cu aria brută a secțiunii. Se face în plus o a doua verificare cu aria slăbită A_n la efortul

$$N' = \frac{N}{n}(n - n_2 - 0{,}4\, n_1) \tag{3.11}$$

unde : n este numărul total al șuruburilor din îmbinare ;

n_1 — numărul șuruburilor din secțiunea care se verifică ;

n_2 — numărul șuruburilor din fața secțiunii care se verifică.

2) Verificarea condiției de rigiditate se face cu relația

$$\lambda_{max} \leqslant \lambda_a \tag{3.12}$$

unde : $\lambda_{max} = \frac{l}{i}$ este zvelțețea maximă a barei ;

λ_a — zvelțețea admisă a elementului solicitat la întindere precizată în cap. 2.

3) Verificarea condițiilor constructive se face cu precizările date în cap. 2.

3.1.2.3. **Verificarea secțiunii barelor solicitate la încărcări repetate.** Termenul de comparație din relațiile (3.3) respectiv (3.4) se modifică în γR și $\gamma\sigma_a$.

Coeficientul de oboseală γ rezultă pe baza indicațiilor din cap. 2.

3.1.2.4. **Verificarea secțiunii barelor solicitate la întindere excentrică.** Alegerea și alcătuirea elementelor componente ale secțiunii se face pe bază de încercări. De regulă secțiunea trebuie să fie nesimetrică față de axa perpendiculară pe planul încărcării, astfel ca eforturile unitare să atingă pe cele admise (R sau σ_a) la nivelul ambelor fibre extreme.

Verificarea capacității portante se face cu relația

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A_n} \pm \frac{M}{W_n} \leqslant R \tag{3.13}$$

și în cazul podurilor și construcțiilor metalice hidrotehnice :

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A_n} \pm \frac{M}{W_n} \leqslant \sigma_a \tag{3.14}$$

unde W_n este modulul de rezistență net față de axa perpendiculară pe planul încărcării.

În cazul încovoierii pe două direcții relațiile devin :

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \leqslant 1{,}1\, R \tag{3.15}$$

respectiv

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \leqslant \sigma_a. \tag{3.16}$$

3.1.3. Solidarizarea elementelor întinse

Pentru ca elementele care compun secțiunea unei bare întinse să lucreze în ansamblu ca un tot unitar și pentru a se asigura strîngerea pieselor apropiate spre a reduce pericolul de coroziune, sînt necesare elemente de legătură numite *solidarizări*.

După poziția reciprocă a elementelor componente ale unei bare întinse solidarizările se execută astfel :

1) *La secțiuni formate din elemente alipite* solidarizarea acestora în lungul barei se asigură cu elemente de îmbinare : nituri, șuruburi sau cusături de sudură. Distanța dintre elementele de îmbinare se va lua astfel încît să se asigure etanșeitatea rostului dintre elementele componente ale secțiunii ; ea nu va

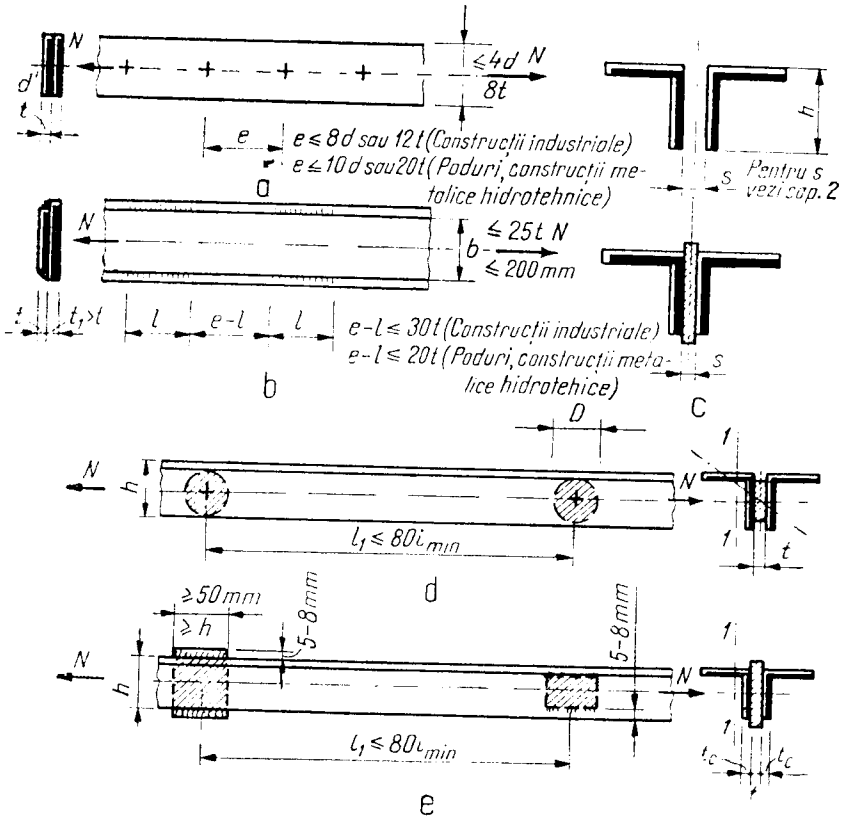


Fig. 3.7.

depăși distanța maximă admisă pentru nituri sau între cusăturile de sudură întrerupte (fig. 3.7, *a*, *b*).

2) *În cazul secțiunilor compuse din elemente puțin depărtate* legătura dintre elemente se asigură cu plăcuțe de solidarizare introduse între elemente (fig. 3.7, *c*, *d*, *e*).

Distanța dintre două solidarizări consecutive nu trebuie să depășească

$$l_1 \leq 80\, i_{min} \qquad (3.17)$$

unde i_{min} este raza de girație minimă a unui singur element component al secțiunii.

Cînd construcția lucrează într-un mediu puternic agresiv și nu se poate asigura vopsirea fețelor alăturate ale elementelor, se va prevedea o fugură continuă sau se aplică una din soluțiile date în fig. 2.2. Fugura nu se ia în considerare în calculul de rezistență al secțiunii.

3) *Secțiunile barelor formate din elemente mult depărtate* se solidarizează cu plăcuțe (fig. 3.8, *a*) sau zăbrelute (fig. 3.8, *b*). Zăbrelutele pot fi realizate din oțel

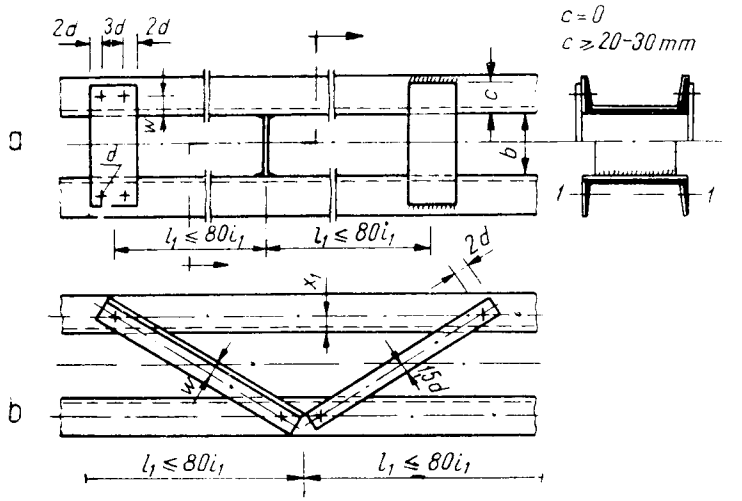


Fig. 3.8.

lat sau corniere mici. La grinzi cu zăbrele cu deschideri mari pentru poduri sau hale industriale în afara legăturilor din planul tălpilor profilelor se recomandă și introducerea unor diafragme plasate între inimile celor doi pereți și prinse de plăcile de legătură din planul tălpilor.

3.2. Exemple de calcul

Exemplul 1.1. Să se dimensioneze, cu metoda rezistențelor admisibile diagonala *3—4* a grinzii cu zăbrele arătată în fig. 3.9. Grinda se execută în soluție sudată din oțel marca OL 37.

Din calculul static sînt cunoscute solicitările produse de

— încărcarea permanentă	206 kN
— încărcarea cu praf metalurgic	62 kN
— încărcarea cu zăpadă	162 kN
— încărcarea cu zăpadă aglomerată ($c_z>2{,}0$)	190 kN.

În cele trei grupări de încărcări, rezultă eforturile :

Gruparea fundamentală : $N_I = 206+62 = 268$ kN.

Gruparea suplimentară : $N_{II} = 268+162 = 430$ kN.

Gruparea extraordinară : $N_{III} = 268+190 = 458$ kN.

Rezolvare

Alegerea secțiunii. Conform cap. 2, rezistențele admisibile pentru cele trei grupări de încărcări sînt :

$$\sigma_a^I = 1\,600 \text{ daN/cm}^2; \quad \sigma_a^{II} = 1\,800 \text{ daN/cm}^2; \quad \sigma_a^{III} = 2\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

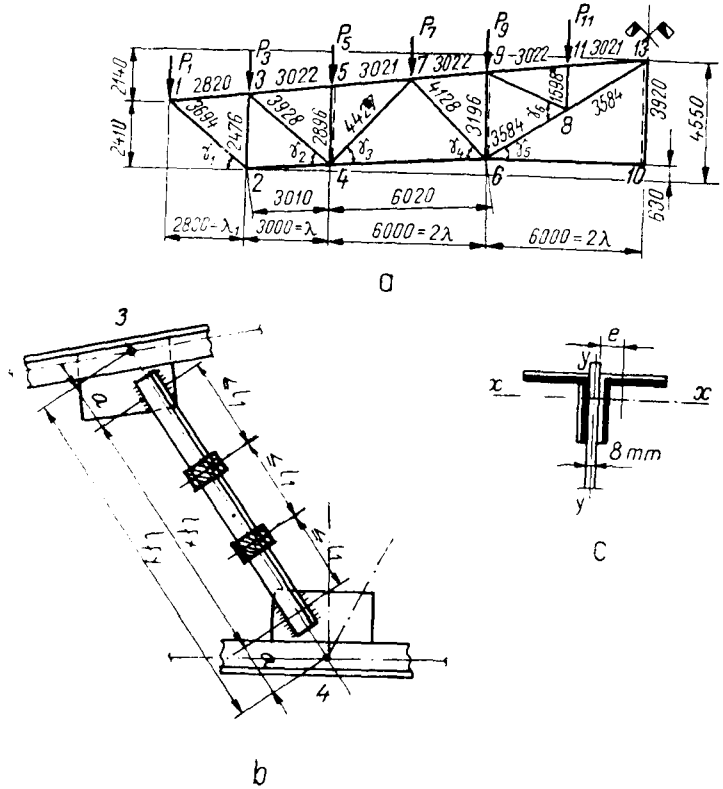


Fig. 3.9.

Hotărîtoare este ipoteza II. Cu relația (3.2) rezultă

$$A_{nec}=\frac{43\,000}{1\,800}=24{,}5\ \text{cm}^2;$$

din tabelul 1.17 sau 4.40 se alege secțiunea formată din 2L $80\times80\times8$ cu :

$$A=2\cdot12{,}30=24{,}60\ \text{cm}^2$$

$$i_x=2{,}11\ \text{cm};\quad i_y=3{,}60\ \text{cm}.$$

Verificarea capacității portante [relația (3.4)]:

$$\sigma_{\text{I}}=\frac{26\,800}{24{,}6}=1\,089\ \text{daN/cm}^2<1\,600$$

$$\sigma_{\text{II}}=\frac{43\,000}{24{,}6}=1\,748\ \text{daN/cm}^2<1\,800$$

$$\sigma_{\text{III}}=\frac{45\,860}{24{,}6}=1\,864\ \text{daN/cm}^2<2\,000.$$

Verificarea condiției de rigiditate [relația (3.12)]. În planul grinzii, lungimea de flambaj se ia $l_f=l-2a\geqslant0{,}8l$, unde distanța a (distanța dintre nodul teoretic și centrul de greutate al elementelor de prindere) se apreciază la circa 100 mm

$$l_f=3\,928-2\cdot100=3\,728\ \text{mm}>0{,}8\cdot3\,928=3\,142\ \text{mm}$$

$$\lambda_x=\frac{373}{2{,}11}=177<\lambda_a=400.$$

Normal pe planul fermei $l_f=l$

$$\lambda_y=\frac{393}{3{,}60}=109<\lambda_a=400.$$

Distanțele dintre solidarizări :

$$l_1=80i_x=80\cdot2{,}11=169\ \text{cm}.$$

Pe lungimea barei vor fi așezate deci două plăcuțe de solidarizare la treimi (fig. 3.9).

Condițiile constructive precizate la pct. 2.4 sînt îndeplinite.

Exemplul 3.2. Să se dimensioneze cu metoda rezistențelor admisibile diagonala *3—4*, din exemplul 3.1, în soluție de execuție nituită, folosind nituri ∅21 pentru prinderea în nod.

Rezolvare

Cu valorile solicitărilor din exemplul 3.1 alegerea secțiunii cu relația (3.2) conduce la

$$A_{nec}=\frac{43\,000}{0{,}85\cdot1\,800}=28{,}10\ \text{cm}^2.$$

Se alege din tabelul 4.40, secțiunea formată din 2L $90\times90\times8$, care are

$$A=2\cdot13{,}9=27{,}8\ \text{cm}^2;\quad i_x=2{,}74\ \text{cm};\quad i_y=3{,}98\ \text{cm}.$$

Aria netă, știind că se folosesc nituri ∅ 21, rezultă

$$A_n=27{,}8-2{,}1\cdot0{,}8=26{,}1\ \text{cm}^2.$$

Cu acestea, efortul unitar normal este

$$\sigma_{\text{II}}=\frac{43\,000}{26{,}1}=1\,648\ \text{daN/cm}^2<1\,800\ \text{daN/cm}^2.$$

Verificarea rigidității, cu $l_{fx}=337$ cm se face cu relația (3.12), astfel :

$$\lambda_x=\frac{373}{2{,}74}=136<400$$

$$\lambda_y=\frac{393}{3{,}98}=99<400.$$

Distanța dintre solidarizări, rezultă

$$l_1=80\cdot2{,}74=219\ \text{cm}.$$

Este suficientă o singură plăcuță de solidarizare așezată la mijlocul lungimii.

Condițiile constructive de alcătuire și prindere cu nituri ∅ 21 mm sînt satisfăcute.

Exemplul 3.3. Aceeași diagonală din exemplul 3.1 să fie dimensionată cu metoda după stările limită. Execuție sudată din OL 37.

Rezolvare

Determinarea efortului de calcul din :

— încărcarea permanentă $1{,}1 \cdot 206 = 226{,}6$ kN
— încărcarea cu praf metalurgic $1{,}4 \cdot 62 = 86{,}8$ kN
— încărcarea cu zăpadă $1{,}4 \cdot 190 = 266{,}0$ kN

$$N = 226{,}6 + 266{,}0 = 492{,}6 \text{ kN}$$
$$N = 226{,}6 + 0{,}9(266{,}0 + 86{,}8) = 544{,}12 \text{ kN}.$$

Alegerea secțiunii. Cu $R = 2\,100$ daN/cm² (v. cap. 2) rezultă

$$A_{nec} = \frac{54\,412}{2\,100} = 25{,}9 \text{ cm}^2.$$

În funcție de A_{nec}, din sortiment (tabelul 1.17 sau 4.40) se alege secțiunea formată din 2L $90 \times 90 \times 8$, cu :

$$A = 2 \cdot 13{,}9 \text{ cm}^2 = 27{,}80 \text{ cm}^2 ; \quad i_x = 2{,}74 \text{ cm} ; \quad i_y = 3{,}98 \text{ cm}.$$

Verificarea capacității portante [relația (3.3)]. Cu $A_n = 27{,}80$ cm², rezultă

$$\sigma = \frac{54\,412}{27{,}80} = 1\,957 \text{daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Condițiile de rigiditate și constructive sînt îndeplinite.

Concluzii. Cu metoda rezistențelor admisibile se obține o secțiune mai redusă decît cu metoda după stările limită. Secțiunea corespunzătoare găsită în exemplul 3.1 ar fi condus în exemplul 3.3 la un efort unitar

$$\sigma = \frac{54\,412}{24{,}6} = 2\,212 \text{ daN/cm}^2 > R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2. \ *$$

Aceeași secțiune mai puternică rezultă și pentru cazul construcției nituite.

Exemplul 3.4. Să se dimensioneze talpa inferioară din panoul central *6 — 10* a fermei arătată în fig. 3.9. În afara nodului *6* se va executa o îmbinare a tălpii cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate. Dimensionarea se va face cu metoda rezistențelor admisibile, știind că :

Solicitările provin din :

— încărcarea permanentă 410 kN
— încărcarea cu praf metalurgic 120 kN

* Valorile rezistențelor de calcul pentru piesele cu grosimi pînă la 16 mm, trecute în subsolul tabelelor 2.16 și 9.18, au fost introduse în ultima ediție a standardului 10108 după ce s-a constatat că aplicarea noului standard față de STAS 763-71 conducea la o sporire a consumului de metal. Deoarece manuscrisul lucrării a fost înaintat Editurii tehnice înainte de apariția ultimei ediții a standardului, la cîteva exemple s-a lucrat cu rezistențe de calcul nemajorate adică 2 100 daN/cm² în loc de 2 200 daN/cm² și 3 000 daN/cm² în loc 3 150 daN/cm².

— încărcarea cu zăpadă 360 kN
— încărcarea cu zăpadă aglomerată 400 kN.

Pe grupe de acțiuni solicitările sînt :

Gruparea fundamentală I : $N_I = 410 + 120 = 530$ kN.
Gruparea suplimentară II : $N_{II} = 530 + 360 = 890$ kN.
Gruparea extraordinară III : $N_{III} = 530 + 400 = 930$ kN.

Rezolvare :

Alegerea secțiunii. În funcție de calitatea oțelului folosit (OL52) și de rezistența admisă pentru gruparea suplimentară (v. cap. 2) de :

$$\sigma_a^{II} = 2\,700 \text{ daN/cm}^2$$

cu relația (3.2) rezultă :

$$A_{nec} = \frac{89\,000}{2\,700} = 33{,}0 \text{ cm}^2.$$

Ținînd seama de destinația barei în structură și în funcție de aria necesară din sortiment (tabelul 1.15 sau 4.45) se alege secțiunea formată din 2 U12, care are caracteristicile geometrice :

$$A = 2 \cdot 17{,}0 = 34{,}0 \text{ cm}^2 ; \qquad i_x = 4{,}62 \text{ cm}$$
$$i_y = 2{,}56 \text{ cm} ; \qquad i_1 = 1{,}59 \text{ cm}.$$

Verificarea secțiunii se face cu relația (3.4)

$$\sigma_{II} = \frac{89\,000}{34{,}0} = 2\,620 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a^{II} = 2\,700 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{III} = \frac{93\,000}{34{,}0} = 2\,740 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a^{III} = 1{,}25\ \sigma_a^{I} = 1{,}25 \cdot 2\,400 = 3\,000.$$

Trebuie făcută și verificarea cu aria slăbită a secțiunii. Efortul axial în secțiunea slăbită se determină cu relația (3.11). Această verificare va fi efectuată în secțiunile *I — I* și *II — II* (fig. 3.10).

Verificarea în secțiunea slăbită I — I. Pentru un singur profil U 12 numărul total al șuruburilor de înaltă rezistență necesare îmbinării este $n = 10$ bucăți M16 și $n_1 = 1$.

Efortul axial în secțiunea *1 — 1* este :

$$N' = \frac{89\,000}{2 \cdot 10}(10 - 0{,}4 \cdot 1) = 42\,720 \text{ daN}.$$

Știind că găurile pentru șuruburi au diametrul ∅17, aria netă rezultă :

$$A_n = 17{,}0 - 0{,}7 \cdot 1{,}7 = 15{,}81 \text{ cm}^2$$

iar efortul unitar normal, este :

$$\sigma_{II} = \frac{42\,720}{15{,}81} = 2\,702 \text{ daN/cm}^2 \approx \sigma_a^{II} = 2\,700 \text{ daN/cm}^2.$$

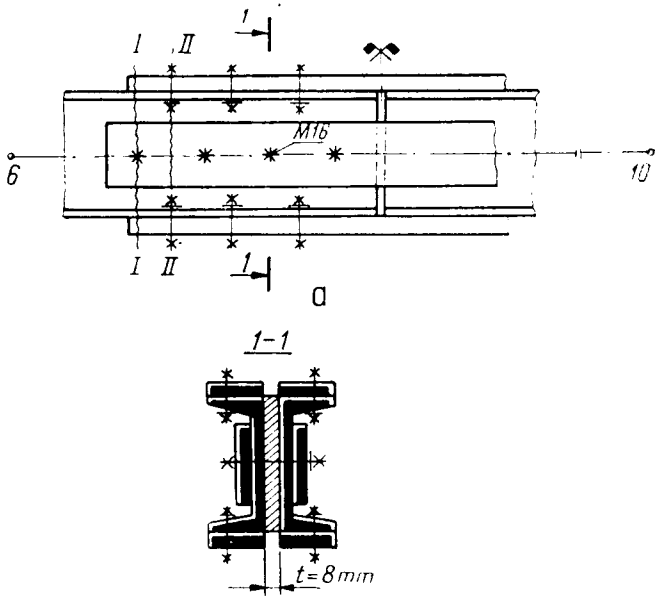


Fig. 3.10.

Verificarea în secțiunea slăbită II—II

$$n=10\,; \qquad n_1=2\,; \qquad n_2=1.$$

Pentru un profil U12

$$N'=\frac{89\,000}{2\cdot 10}(10-1-0{,}4\cdot 2)=36\,490 \text{ daN}$$

$$A_n=17{,}0-2\cdot 0{,}9\cdot 1{,}7=17{,}0-3{,}06=13{,}94 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{II}=\frac{36\,490}{13{,}94}=2\,618 \text{ daN/cm}^2<\sigma_a^{II}=2\,700 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea rigidității :

1) În planul fermei, lungimea de flambaj este egală cu lungimea barei. Deci :

$$\lambda_x=\frac{l_{fx}}{i_x}=\frac{600}{4{,}62}=130<\lambda_a=400.$$

2) Normal pe planul fermei :

$$\lambda_{fy}=l_{6-10}=600 \text{ cm (fig. 3.9)}$$

$$\lambda_y=\frac{l_{fy}}{i_y}=\frac{600}{2{,}56}=234<\lambda_a=400.$$

3) Distanța dintre rigidizări :

$$l_1=80\cdot 1{,}59=127 \text{ cm}.$$

Pe lungimea de 6,0 m vor fi așezate 4 rigidizări la distanța de 1,20 m una de alta.

Condițiile constructive precizate la pct. 2.4 sînt satisfăcute.

Exemplul 3.5. Să se dimensioneze talpa inferioară a fermei din exemplul 3.4 cu metoda stărilor limită.

Rezolvare

Determinarea efortului de calcul din :

— încărcarea permanentă	$N_g\,n_g=412\cdot 1{,}1=453{,}2$ kN
— încărcarea cu praf metalurgic	$N_p\,n_p=120\cdot 1{,}4=168{,}0$ kN
— încărcarea cu zăpadă	$N_z\,n_z=400\cdot 1{,}4=560{,}0$ kN.

Efortul de calcul corespunzător grupării fundamentale este :

$$N=453{,}20+560{,}00=1\,013{,}20 \text{ kN}$$

$$N=453{,}20+0{,}9(168{,}00+560{,}00)=1\,108{,}40 \text{ kN}.$$

Alegerea secțiunii. În funcție de valoarea efortului de calcul și de rezistența de calcul pentru OL52 (v. cap. 2) care este de $R=3\,000$ daN/cm^2, cu relația (3.1) în care $\alpha=1$, rezultă :

$$A_n=\frac{110\,840}{3\,000}=36{,}90 \text{ cm}^2.$$

Din tabele cu mărimi statice (v. tabelul 4.45) sau din sortiment (v. tabelul 1.15) se alege secțiunea formată din 2 U 14, cu :

$$A=2\cdot 20{,}4=40{,}8 \text{ cm}^2\,; \qquad i_x=5{,}45 \text{ cm}$$

$$i_y=2{,}77 \text{ cm}\,; \qquad i_1=1{,}75 \text{ cm}.$$

Verificarea secțiunii se face cu relația (3.3) :

$$\sigma=\frac{110\,840}{40{,}8}=2\,717 \text{ daN/cm}^2<R=3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea în secțiunea slăbită I—I (v. fig. 3.10) :

$$N'=\frac{110\,840}{2\cdot 10}(10-1\cdot 0{,}4)=53\,203 \text{ daN}$$

$$A_n^{I-I}=20{,}4-1{,}7\cdot 0{,}7=19{,}21 \text{ cm}^2.$$

$$\sigma=\frac{53\,203}{19{,}21}=2\,770 \text{ daN/cm}^2<R=3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea în secțiunea slăbită II—II (v. fig. 3.10) :

$$N' = \frac{110\,840}{2 \cdot 10}(10 - 1 - 0{,}4 \cdot 2) = 45\,444 \text{ daN}$$

$$A_n^{II-II} = 20{,}4 - 1{,}7 \cdot 1{,}0 \cdot 2 = 17{,}0 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{45\,444}{17} = 2\,673 \text{ daN/cm}^2 < R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea rigidității. Lungimile de flambaj se iau ca și în exemplul precedent : $l_{fx} = l_{fy} = l_{6-10} = 600$ cm. Cu acestea, zvelțețea barei este :

— în planul fermei

$$\lambda_x = \frac{600}{5{,}45} = 110 < \lambda_a = 400 ;$$

— normal pe planul fermei

$$\lambda_y = \frac{600}{2{,}77} = 217 < \lambda_a = 400.$$

Distanța dintre rigidizări

$$l_1 = 80 i_1 = 80 \cdot 1{,}75 = 140 \text{ cm}.$$

Pe distanța de 6,0 m vor fi așezate 4 rigidizări la distanța de 1,20 m una de alta.

Condițiile constructive precizate la pct. 2.4 sînt satisfăcute.

Exemplul 3.6. Să se dimensioneze talpa inferioară din același exemplu 3.4, cu metoda stărilor limită, profilele U necesare formînd o secțiune cheson. Îmbinarea în panoul central *6—10* se execută sudată. Efortul de calcul este cel determinat în exemplul 3.5.

$$N = 1\,108{,}40 \text{ kN}.$$

Rezolvare

Alegerea secțiunii. Se aleg două profile U 14 cu : $A = 40{,}8$ cm²

$$i_x = 5{,}45 \text{ cm} ; \qquad i_y = 4{,}59 \text{ cm} \quad \text{(tabelul 4.46)}$$

$$\sigma = \frac{110\,840}{40{,}8} = 2\,717 \text{ daN/cm}^2 < R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea în secțiunea îmbinării nu este necesară deoarece în afară de îmbinarea cap la cap dintre profile, îmbinarea se confecționează cu eclise așezate pe inimi cît și pe tălpi (fig. 3.11).

Verificarea rigidității. Secțiunea avînd față de cele două axe rigidități mult mai mari decît ale secțiunii din exemplul 3.4 și din exemplul 3.5, se

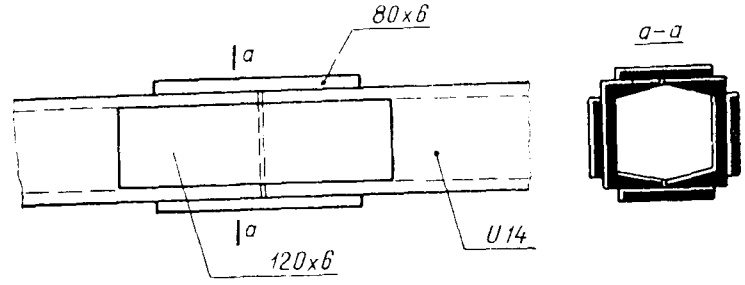


Fig. 3.11.

poate renunța la legătura din planul fermei și normal pe planul fermei din nodul *10*

$$\lambda_y = \frac{1\,200}{4{,}59} = 261 < \lambda_a = 400.$$

Exemplul 3.7. Să se dimensioneze talpa inferioară din exemplul 3.6, cu metoda stărilor limită, avînd în vedere că talpa din panoul *4—6* este formată din două profile U 12 formînd o secțiune chesonată. Îmbinarea în panoul central se execută în soluție sudată (fig. 3.12).

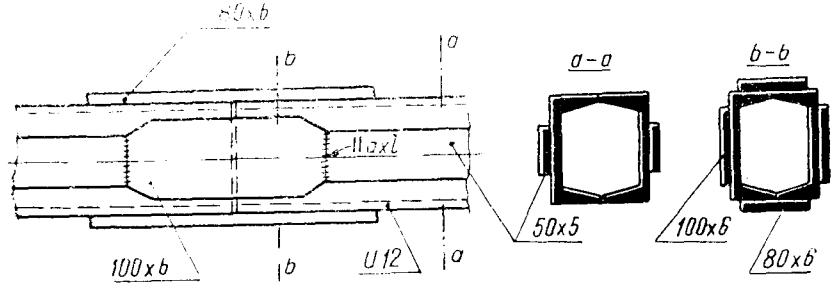


Fig. 3.12.

Rezolvare

Alegerea secțiunii. Se calculează cu relația (3.1) aria necesară

$A_{nec} = \frac{110\,840}{3\,000} = 36{,}90$ cm². În funcție de aceasta, secțiunea barei *6—10* se va alcătui din două profile U întărite (fig. 3.12) astfel :

2U 12 + 2 × 50 × 5. Secțiunea transversală formată are aria :

$$A = 2 \cdot 17 + 2 \cdot 2{,}5 = 39 \text{ cm}^2 ;$$

cu acestea, efortul unitar normal este :

$$\sigma = \frac{110\,840}{39{,}0} = 2\,842 \text{ daN/cm}^2 < R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea condiției de rigiditate. Se calculează în prealabil mărimile statice ale secțiunii :

$$I_x = 728 + 2 \cdot \frac{0{,}5 \cdot 5^3}{12} = 738 \text{ cm}^4 ; \qquad i_x = 4{,}35 \text{ cm}$$

$$I_y = 604 + 2 \cdot 2{,}5 \cdot 5{,}75^2 = 769 \text{ cm}^4 ; \qquad i_y = 4{,}44 \text{ cm},$$

iar coeficientul de zvelțețe, rezultă :

$$\lambda_z = \frac{1\,200}{4{,}35} = 276 < \lambda_a = 400.$$

Condițiile constructive precizate la pct. 2.4 sînt satisfăcute.

Concluzii asupra exemplelor 3.4, 3.5, 3.6, și 3.7.

1) Metoda rezistențelor admisibile (STAS 763-71 modificat cu majorarea rezistențelor admisibile și încadrarea încărcării cu zăpadă în gruparea suplimentară), conduce la o secțiune mai slabă față de cea determinată cu metoda la stările limită în exemplele 3.5 și 3.6 cu :

$$\frac{40{,}8 - 34}{34} \cdot 100 = 20\,\%$$

și față de exemplul 3.7 cu :

$$\frac{39 - 34}{34} \cdot 100 = 14\,\%.$$

2) Secțiunea din două profile U formînd o secțiune chesonată elimină legătură suplimentară astfel că lungimea barei *6—10* poate fi de 12,0 m și dispar evident în plus toate elementele de rigidizare dintre noduri.

Exemplul 3.8. Să se dimensioneze cu metoda rezistențelor admisibile diagonala *6—8—13* a fermei din fig. 3.9

Sînt date solicitările din :

	bara *6—8*	bara *8—13*
— greutatea permanentă	68 kN	98 kN
— încărcarea cu praf metalurgic	16 kN	24 kN
— încărcarea cu zăpadă	45 kN	94 kN
— încărcarea cu zăpadă aglomerată	66 kN	86 kN
— efectul cadru	14 kN	14 kN

Gruparea fundamentală (bara *8—13*) ; $N_I = 98 + 24 = 122$ kN.

Gruparea suplimentară (bara *8—13*) : $N_{II} = 122 + 94 + 14 = 230$ kN.

Lungimea teoretică în planul grinzii : $l_{6-8} = l_{8-13} = 3\,584$ mm.

Lungimea teoretică în afara planului grinzii $l_{6-13} = 7\,168$ mm.

Oțelul folosit este de marcă OL 37.

Grinda cu zăbrele va fi executată în soluție sudată.

Secțiunea va fi alcătuită din două corniere cu aripi egale, depărtate cu 10 mm (grosimea guseului).

Rezolvare

Alegerea secțiunii. Conform prevederilor din cap. 2, rezistența admisibilă pentru gruparea suplimentară este $\sigma_a^{II} = 1\,800$ daN/cm^2.

Secțiunea necesară se stabilește cu relația (3.2), astfel :

$A_{nec} = \frac{23\,000}{1\,800} = 12{,}78$ cm^2. În funcție de aceasta, din tabelul 4.40 se alege secțiunea formată din 2L 50×50×7 (fig. 3.13) avînd

$A = 2 \cdot 6{,}56 = 13{,}12$ cm^2 ; $i_x = 1{,}49$ cm ; $i_y = 2{,}48$ cm ; $i_1 = 1{,}49$ cm.

Verificarea secțiunii

$$\sigma_{II} = \frac{23\,000}{13{,}12} = 1\,753 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a^{II} = 1\,800 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea condițiilor de rigiditate

1) În planul fermei

$$\lambda_x = \frac{358}{1{,}49} = 240 < \lambda_a = 400$$

unde, lungimea de flambaj în planul fermei este :

$$l_{fx} = l_{6-8} = l_{8-13} = 358 \text{ cm}.$$

2) În afară de planul fermei, lungimea de flambaj este : $l_{fy} = l_{6-13} = 716{,}8$ cm $\approx$ 717 cm. Cu aceasta

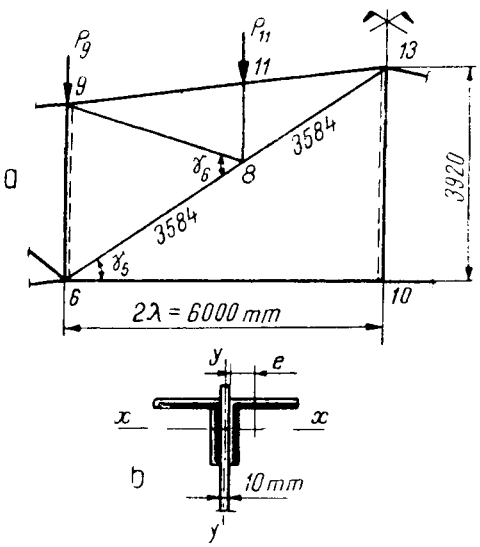


Fig. 3.13.

$$\lambda_y = \frac{717}{2{,}48} = 289 < \lambda_a = 400.$$

3) Distanța dintre solidarizări

$$l_1 = 80\, i_1 = 80 \cdot 1{,}49 = 119 \text{ cm}.$$

Pe lungimea de 358 cm vor fi așezate la treimi plăcuțe de rigidizare

$$l_1 = \frac{358}{3} = 119 \text{ cm}.$$

Condițiile constructive precizate la pct. 2.4 sînt îndeplinite.

Exemplul 3.9. Aceeași bară din exemplul 3.8 să fie dimensionată cu metoda stărilor limită.

Rezolvare

Determinarea efortului de calcul din :

— greutatea permanentă	$1{,}1 \cdot 98 = 107{,}8$ kN
— încărcarea cu praf	$1{,}4 \cdot 24 = 33{,}6$ kN
— încărcarea cu zăpadă	$1{,}4 \cdot 94 = 131{,}6$ kN
— efectul de cadru	$1{,}2 \cdot 14 = 16{,}8$ kN

$$N = 107{,}8 + 131{,}6 = 239{,}4 \text{ kN}$$

$$N = 107{,}8 + 0{,}9\,(33{,}6 + 131{,}6 + 16{,}8) = 271{,}60 \text{ kN}.$$

Secțiunea din 2L $50 \times 50 \times 7$ satisface condiția de dimensionare :

$$\sigma = \frac{27\,160}{13{,}12} = 2\,070 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Exemplul 3.10. Să se dimensioneze diagonala $8-9$ a grinzii cu zăbrele din fig. 3.9. Dimensionarea se va conduce comparativ cu ambele metode : metoda rezistențelor admisibile și metoda stărilor limită. Ferma se execută în soluție sudată din OL 37.

Sînt date solicitările produse de :

— greutatea permanentă	30 kN
— încărcarea cu praf industrial	8 kN
— încărcarea cu zăpadă	49 kN.

Rezolvare

A. *Dimensionarea cu metoda rezistențelor admisibile*

$$N_{II} = 30 + 8 + 49 = 87 \text{ kN}.$$

Alegerea secțiunii se face în funcție de :

$$A_{nec} = \frac{8\,700}{1\,800} = 4{,}83 \text{ cm}^2.$$

Secțiunea formată din 2 corniere se alege din condiția de secțiune minimă admisă (v. cap. 2) și rezultă :

2L $40 \times 40 \times 4$, care dispuse ca în fig. 3.14, au mărimile statice :

$A = 6{,}16$ cm^2 ; $i_x = 1{,}21$ cm ; $i_y = 1{,}94$ cm (v. tabelul 1.40).

Cu acestea, rezultă :

$$\lambda = \frac{358}{1{,}21} = 296 < \lambda_a = 400 \; ; \quad \sigma = \frac{8\,700}{6{,}16} = 1\,412 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a^{II} = 1\,800.$$

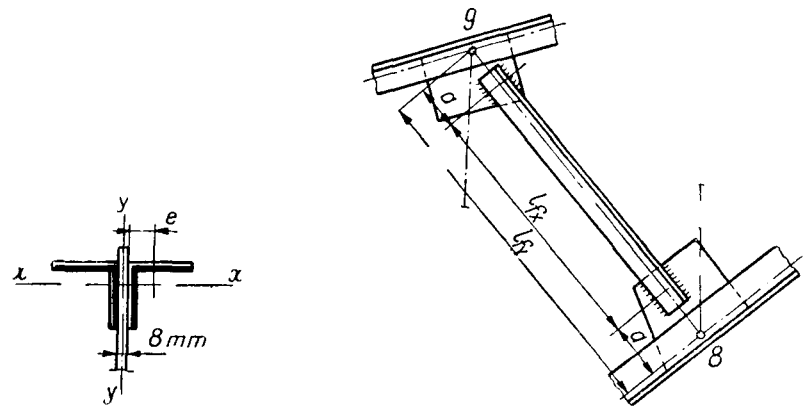


Fig. 3.14.

B. *Dimensionarea cu metoda stărilor limită*

Determinarea efortului de calcul din :

— greutatea permanentă	$1{,}1 \cdot 30 = 33$ kN
— încărcarea cu praf metalurgic	$1{,}4 \cdot 8 = 11{,}2$ kN
— încărcarea cu zăpadă	$1{,}4 \cdot 49 = 68{,}6$ kN

$$N = 33{,}07 + 68{,}6 = 101{,}6 \text{ kN}$$

$$N = 33{,}0 + (68{,}6 + 11{,}2)\,0{,}9 = 104{,}82.$$

Cu aceeași secțiune din 2L $40 \times 40 \times 4$ rezultă

$$\sigma = \frac{10\,482}{6{,}16} = 1\,702 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Exemplul 3.11. Să se dimensioneze cu metoda după stările limită aceeași diagonală din exemplul 3.10, secțiunea fiind alcătuită dintr-un profil T (fig. 3.15) din oțel marca OL 37.

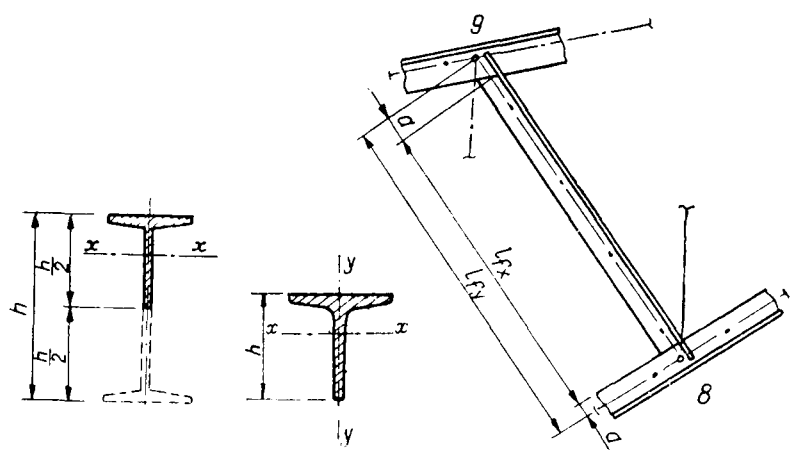


Fig. 3.15.

Rezolvare

Alegerea secțiunii. Se face în baza relației (3.1), astfel:

$A_{nec}=\frac{10\,482}{2\,100}=4{,}99$ cm². Din sortiment (tabelul 1.34) se alege T 5, cu: $A=5{,}66$ cm²; $i_y=1{,}03$ cm.

Verificarea secțiunii

$$\sigma=\frac{10\,482}{5{,}66}=1\,852\ \text{daN/cm}^2<R=2\,100\ \text{daN/cm}^2$$

$$\lambda=\frac{358}{1{,}03}=348<\lambda_a=400.$$

Bara se mai poate alcătui dintr-un profil dublu T tăiat la jumătatea înălțimii.

În acest caz, se alege 1/2 I 10 din tabelul 4.37, cu: $A=\frac{1}{2}10{,}6=5{,}3$ cm²; $i_y=1{,}07$ cm.

$$\sigma=\frac{10\,482}{5{,}3}=1\,978\ \text{daN/cm}^2<R=2\,100\ \text{daN/cm}^2,$$

$$\lambda=\frac{358}{1{,}07}=335<400.$$

Exemplul 3.12. La un pod de cale ferată, grinzile principale sînt realizate ca grinzi cu zăbrele (fig. 3.16). Se cere să se dimensioneze talpa inferioară din panoul *8—10* pentru care se cunoaște:

Solicitarea din:

— încărcarea permanentă $N_g=+94\,100$ daN;

— încărcarea utilă (convoi mobil) $N_p=+303\,000$ daN;

— vînt indirect (din W_t, fig. 3.16,*b*) $N_{vi}=\pm 14\,400$ daN;

— vînt direct (fig. 3.16,*b*) $N_v=\pm 33\,300$ daN.

Lungimea teoretică a barei, $l=5\,000$ mm.

Barele grinzii cu zăbrele fiind puternic solicitate, se vor alcătui ca secțiuni cu doi pereți din oțel cornier și platbande, marca de oțel OL 37, clasa de calitate 2.

Construcția se execută în varianta nituită, folosind nituri cu $d=21$ mm.

Rezolvare

Solicitarea maximă în talpă se obține astfel:

Ipoteza I: $N_I=94\,100+303\,000=397\,100$ daN.

Ipoteza II: $N_{II}=94\,100+303\,000+33\,300+14\,400=444\,800$ daN.

În cazul construcțiilor de poduri metalice realizate din oțel normal (OL 37), se lucrează cu $\sigma_a^I=1\,450$ daN/cm², în cazul ipotezei I de calcul și cu $\sigma_a^{II}=1\,650$ daN/cm², în cazul ipotezei II de calcul.

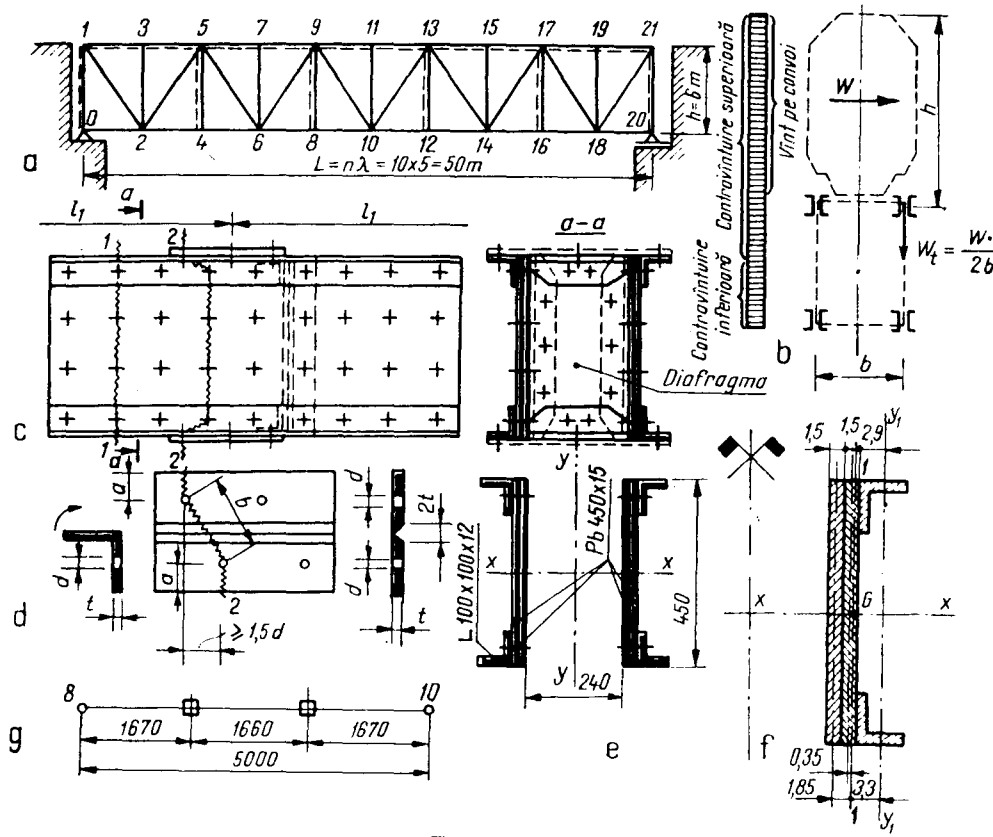


Fig. 3.16.

În acest caz deoarece,

$$\frac{N_I}{N_{II}}=\frac{397\,100}{444\,800}=0{,}893>0{,}8775=\frac{\sigma_a^I}{\sigma_a^{II}}=\frac{1\,450}{1\,650}$$

ipoteza I de calcul este mai defavorabilă și deci hotărîtoare.

Alegerea secțiunii. Întrucît bara este puternic solicitată și se alcătuiește ca secțiune compusă în soluție nituită, coeficientul ce ține seama de slăbire se apreciază la $\alpha=0{,}80$.

Deci:

$$A_{nec}=\frac{N_I}{\alpha\sigma_a^I}=\frac{397\,100}{0{,}8\cdot 1\,450}=344{,}5\ \text{cm}^2.$$

Talpa se va alcătui conform fig. 3.16,*c* din:

— 4 L100×100×12 cu $A=4\cdot 22{,}7$ = 90,8 cm²

— 4 platbande 450×15 cu $A=4\cdot 45\cdot 1{,}5$ = 270,0 cm²

Aria brută totală A = 360,8 cm².

Aria netă efectivă. În cazul secțiunilor compuse din mai multe laminate, aria netă a secțiunii este egală cu suma ariilor nete minime, din diferite secțiuni de rupere ale elementelor componente, cu condiția ca aceste secțiuni să nu fie prea depărtate.

Se calculează aria netă în următoarele secțiuni :

— Secțiunea *1—1* (fig. 3.16, *c*) care reprezintă aria minimă pentru platbande,

$$A_n^{(1)}=A-\Delta A$$

ΔA (corniere) $=4\cdot1,2\cdot2,1 \quad =10,08\ \text{cm}^2$

ΔA (platbande) $=8\cdot3,0\cdot2,1 \quad =50,40\ \text{cm}^2$

$\Delta A=60,48\ \text{cm}^2$

$$A_n^{(1)}=360,8-60,48=300,32\ \text{cm}^2.$$

— Secțiunea *2—2* (fig. 3.16, *c* și *d*) care pentru corniere reprezintă secțiunea minimă (secțiunea sinuoasă) iar pentru platbande, aceeași arie netă ca în cazul secțiunii *1—1*,

$$A_n^{(2)}=A-\Delta A$$

$$A^{(2)}_{n\,(\text{cornieră})}=4\left[(2a+b)t-\left(2dt+\frac{2t^2}{2}\right)\right]=$$

$$=4\left[(2\cdot4,5+\sqrt{11^2+6,3^2})1,2-\left(2\cdot2,1\cdot1,2+\frac{2\cdot1,2^2}{2}\right)\right]=78,08\ \text{cm}^2$$

$A^{(2)}_{n\,(\text{platbande})}=270,00-50,40 \quad =219,60\ \text{cm}^2$

$A_n^{(2)}=297,68\ \text{cm}^2.$

Rezultă că $A_n^{(2)}<A_n^{(1)}$.

Verificarea de rezistență. Se face cu aria netă cea mai mică, folosind relația (3.4) :

$$\sigma=\frac{N_I}{A_n^{(2)}}=\frac{397\,100}{297,68}=1\,334\ \text{daN/cm}^2<\sigma_a^I=1\,450\ \text{daN/cm}^2.$$

Verificarea de rigiditate

1) Lungimea de flambaj în planul grinzii cu zăbrele, conform tabelului 4.35 se ia :

$$l_{fx}=l=5\,000\ \text{mm}.$$

Pentru a putea calcula pe i_x, va trebui să se calculeze mai întîi I_x (fig. 3.16, *e*).

Momentul de inerție I_x se calculează cu ajutorul tabelelor (v. cap. 6), rezultînd :

4 L 100 × 100 × 12 $\quad =35\,710\ \text{cm}^4$

1 Pb 450 × 15 $\quad =45\,564\ \text{cm}^4$

$I_x \quad =81\,274\ \text{cm}^4$

$$i_x=\sqrt{\frac{I_x}{A}}=\sqrt{\frac{81\,274}{360,8}}=15,02\ \text{cm}.$$

Coeficientul de zvelteță

$$\lambda_x=\frac{l_{fx}}{i_x}=\frac{500}{15,02}=33,3<\lambda_a=150.$$

2) În plan normal pe planul grinzii, lungimea de flambaj se ia egală cu distanța dintre nodurile fixate prin contravîntuirea transversală.

În cazul de față, conform fig. 3.16, *a*, rezultă

$$l_{fy}=l_{04}=l_{48}=2\cdot5\,000=10\,000\ \text{mm}.$$

Deși axa *y—y* (fig. 3.16, *e*) este axă ce nu întîlnește elementele secțiunii, se va calcula numai λ_y și nu λ_{tr}, deoarece bara este întinsă.

Pentru a putea calcula pe λ_y, respectiv pe λ_1, se va calcula mai întîi I_y și I_1 (fig. 3.16, *e* și *f*) :

$$I_y=2\left[\frac{45\cdot3^3}{12}+45\times3\,(12+1,5)^2+2\cdot207+2\cdot22,7(12+3+2,9)^2\right]=39\,665\ \text{cm}^4.$$

Pentru a putea calcula pe I_1, va trebui mai întîi să se calculeze poziția centrului de greutate (fig. 3.16, *f*) față de axa y_1-y_1, cu relația :

$$x_G=\frac{\sum A_i\cdot x_i}{\sum A_i}=\frac{-2\cdot1,5\cdot45\cdot4,4}{45,4+3\cdot45}=-3,3\ \text{cm}.$$

Momentul de inerție I_1, calculat față de axa *1—1* ce trece prin *G*, este :

$$I_1=2\,(207+22,7\cdot3,3^2)+2\,\frac{45\cdot1,5^3}{12}+45\cdot1,5\,(0,35^2+1,85^2)=1\,173\ \text{cm}^4$$

iar

$$A_1=\frac{A}{2}=\frac{360,8}{2}=180,4\ \text{cm}^2.$$

Rezultă :

$$i_y=\sqrt{\frac{I_y}{A}}=\sqrt{\frac{39\,665}{360,8}}=10,50\ \text{cm}$$

$$i_1=\sqrt{\frac{I_1}{A_1}}=\sqrt{\frac{1\,173}{180,4}}=2,55\ \text{cm}.$$

Cu aceste elemente (i_y și i_1) cunoscute se poate calcula zvelteța barei față de axa *y—y* și distanța dintre plăcuțele de solidarizare :

$$\lambda_y=\frac{l_{fy}}{i_y}=\frac{1\,000}{10,50}=95,2<\lambda_a=150.$$

Plăcuțele de solidarizare a tălpii inferioare se vor plasa la distanța l_1, stabilită cu relația (3.17)

$$l_1\leqslant80\,i_1=80\cdot2,55=204\ \text{cm}.$$

Rezultă că pentru fiecare panou al tălpii, se vor executa cîte două rigidizări (v. fig. 3.16, *c*) așezate la distanța $l_1=167$ cm (fig. 3.16, *g*).

Exemplul 3.13. Să se dimensioneze diagonala *5—6* (fig. 3.17) din grinda cu zăbrele prezentată în exemplul 3.12 pentru care se cunoaște :

Solicitarea din :

— încărcarea permanentă $N_g=+30\,500$ daN

— încărcarea utilă (convoi T-8,5) $N_{p\,max}=+135\,000$ daN

$N_{p\,min}=-50\,000$ daN

— vînt indirect (din W_t, fig. 3.16, *b*) $N_{vi}=\pm 6\,800$ daN.

Lungimea teoretică a barei, $l=7\,820$ mm.

Barele grinzii cu zăbrele se alcătuiesc ca secțiuni cu doi pereți, folosind OL 37, sub formă de laminate ; oțel cornier și platbande.

Construcția se execută în soluție nituită folosind nituri cu $d=21$ mm.

Observație. Solicitările din încărcarea utilă sînt calculate cu un coeficient dinamic $\psi=1{,}291$.

Rezolvare

Solicitările maxime și minime ale diagonalei *5—6* sînt :

Ipoteza I : max $N_I=30\,500+135\,000=165\,500$ daN

min $N_I=30\,500-50\,000=-19\,500$ daN

Ipoteza II : max $N_{II}=30\,500+135\,000+6\,800=+172\,300$ daN

min $N_{II}=30\,500-50\,000-6\,800=-26\,300$ daN.

Așa cum s-a arătat în exemplul precedent, aceste construcții se calculează cu $\sigma_a^I=1\,450$ daN/cm² și $\sigma_a^{II}=1\,650$ daN/cm². Deoarece slăbirile provocate de găurile de nit sînt apreciabile, coeficientul α se aproximează la $\alpha=0{,}80$.

Din cauză că intervine și fenomenul de oboseală, este greu de apreciat care din cele două ipoteze de încărcare este hotărîtoare. De aceea, se va dimensiona bara în ipoteza I și se va verifica și în ipoteza II de încărcare. Avînd în vedere diferența mare dintre solicitarea de întindere și cea de compresiune, dimensionarea la întindere este evident hotărîtoare.

Alegerea secțiunii. Se face cu relația (3.2)

$$A_{nec}=\frac{N_I}{\alpha\sigma_a^I}=\frac{165\,500}{0{,}8\cdot 1\,450}=142{,}6\ \text{cm}^2.$$

Diagonala se va alcătui, conform fig. 3.17, *d* din :

— 4L $100\times100\times10$ cu $A=4\cdot19{,}2=76{,}8$ cm²

— două platbande 360×10 cu $A=2\cdot36{,}1=72{,}0$ cm²

$A=148{,}8$ cm²

Aria netă efectivă :

— În secțiunea *1—1*, respectiv *2—2* (fig. 3.17, *b*) care reprezintă secțiunea minimă pentru platbande,

$$A_{n(p)}^{(1)}=A_{n(p)}^{(2)}=A_{(p)}-\Delta A=72-8{,}1\cdot2{,}1=55{,}20\ \text{cm}^2.$$

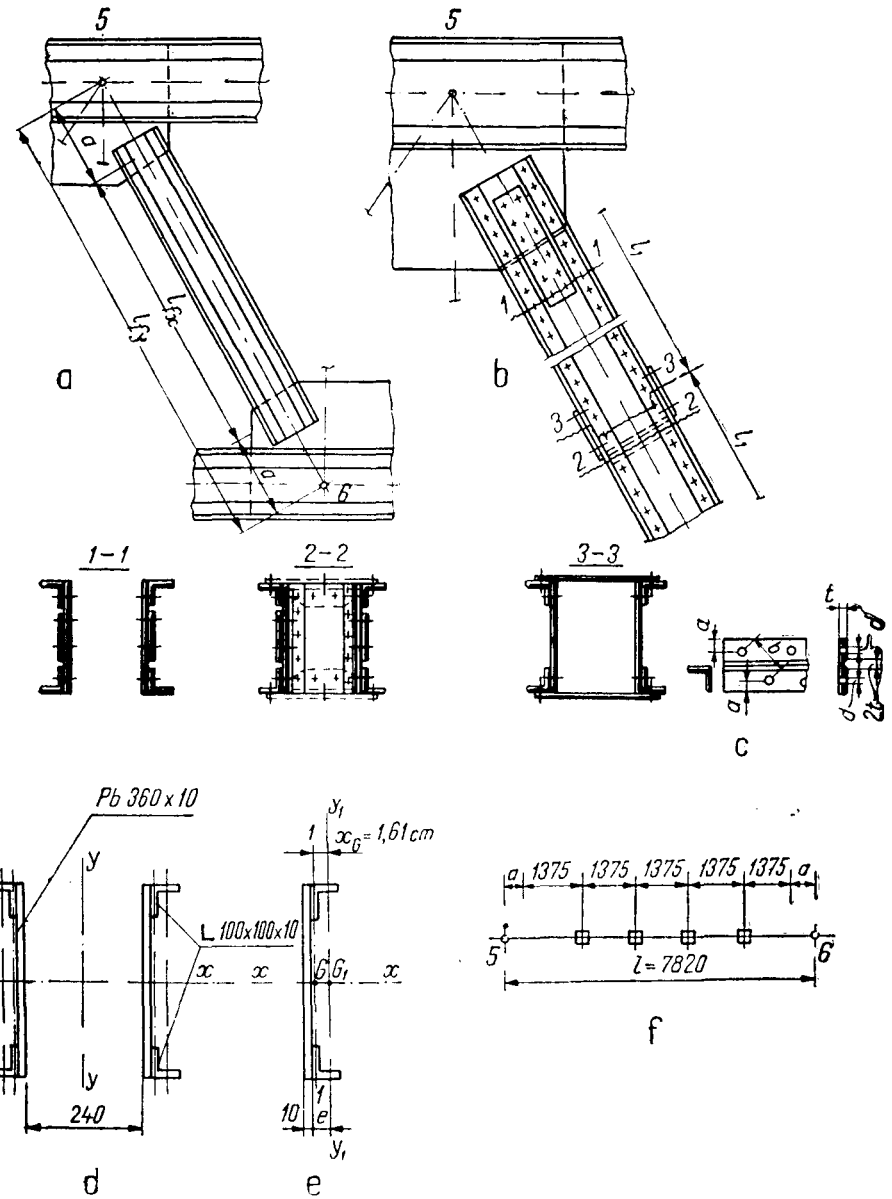


Fig. 3.17.

— În secțiunea *3—3* (fig. 3.17, *b* și *c*) care reprezintă secțiunea minimă pentru cornieră (secțiunea sinuoasă),

$$A^{(3)}_{n\,(c)} = A_{(c)} - \Delta A = 4\left[(2a+b)t - \left(2dt + \frac{2t\cdot t}{2}\right)\right] =$$

$$= 4\left[(2\cdot 4{,}5 + \sqrt{11^2+6{,}3^2})1 - \left(2\cdot 2{,}1\cdot 1 + \frac{2\cdot 1^2}{2}\right)\right] = 65{,}88 \text{ cm}^2.$$

Aria netă efectivă, a barei compuse, va fi :

$$A_n = A^{(2)}_{n\,(p)} + A^{(3)}_{n\,(c)} = 55{,}20 + 65{,}88 = 121{,}08 \text{ cm}^2.$$

Verificarea capacității portante de exploatare. Se face în ambele ipoteze de încărcare :

1) Ipoteza I de încărcare :

— De rezistență, se face cu relația (3.4) :

$$\sigma = \frac{N_I}{A_n} = \frac{165\,500}{121{,}08} = 1\,367 \text{ daN/cm}^2 < \sigma^I_a = 1\,450 \text{ daN/cm}^2.$$

— De oboseală. Deoarece în diagonala *5—6* apar, așa cum se vede din ipotezele de încărcare, solicitări axiale alternante, se va face și o verificare de oboseală cu relația

$$\sigma_{max} \leqslant \gamma \sigma_a = \sigma_{\rho a}$$

unde coeficientul de oboseală γ se determină cu bună aproximație din relația :

$$\gamma = \frac{1}{\gamma_1} = \frac{1}{1 - 0{,}333\rho} \leqslant 1 ;$$

$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ reprezintă coeficientul de asimetrie a ciclului.

În cazul eforturilor preponderente de întindere :

$$A_\gamma = A_n = 121{,}08 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{min} = \frac{\min N_I}{A_n} = \frac{N_g - \frac{1}{\psi} N_p}{A_n} = \frac{30\,500 - \frac{1}{1{,}294}\,50\,000}{121{,}08} = -67{,}2 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{max} = \frac{\max N_I}{A_n} = \frac{N'_g + \frac{1}{\psi} N_p}{A_n} = \frac{30\,500 + \frac{1}{1{,}294}\,135\,000}{121{,}08} = 1\,114 \text{ daN/cm}^2$$

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{-67{,}2}{1\,114} = -0{,}0603$$

$$\gamma = \frac{1}{\gamma_1} = \frac{1}{1 - 0{,}333\,(-0{,}0603)} = \frac{1}{1{,}0200} = 0{,}98.$$

Rezultă :

$$\sigma_{max} = 1\,114 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{\rho a} = 0{,}98 \cdot 1\,450 = 1\,372 \text{ daN/cm}^2$$

2) Ipoteza II de încărcare :

— De rezistență :

$$\sigma = \frac{N_{II}}{A_n} = \frac{172\,300}{121{,}08} = 1\,423 \text{ daN/cm}^2 < \sigma^{II}_a = 1\,650 \text{ daN/cm}^2.$$

— De oboseală :

$$\sigma_{min} = \frac{\min N_{II}}{A_n} = \frac{30\,500 - \frac{1}{1{,}294}\,50\,000 - 6\,800}{121{,}08} = -123{,}4 \text{ daN/cm}^2.$$

$$\sigma_{max} = \frac{\max N_{II}}{A_n} = \frac{30\,500 + \frac{1}{1{,}296}\,135\,000 + 6\,800}{121{,}08} = 1\,170 \text{ daN/cm}^2$$

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{-123{,}4}{1\,170} = -0{,}1055$$

$$\gamma = \frac{1}{\gamma_1} = \frac{1}{1 - 0{,}333\,(-0{,}1055)} = \frac{1}{1{,}0352} = 0{,}966.$$

Rezultă :

$$\sigma^{II}_{max} = 1\,170 \text{ daN/cm}^2 < \sigma^{II}_{\rho a} = 0{,}966 \cdot 1\,650 = 1\,546 \text{ daN/cm}^2.$$

Observație. Verificarea la oboseală se face fără a ține seama de coeficientul dinamic ψ, fapt pentru care încărcarea utilă s-a împărțit cu acest coeficient.

Verificarea condiției de rigiditate (v. fig. 3.17, *a*). În cazul grinzilor grele cu doi pereți, la care nodurile sînt foarte dezvoltate, distanța *a* de la nodul teoretic pînă la centrul de greutate al elementelor de prindere se aproximează la $a = (400 \ldots 500)$ mm. Luînd $a = 450$ mm rezultă :

1) Lungimea de flambaj în planul grinzii cu zăbrele se ia :

$$l_{fx} = 7\,820 - 2\cdot 450 = 6\,920 \text{ mm} > 0{,}8 \cdot 7\,820 = 6\,256 \text{ mm}.$$

Pentru a putea calcula pe i_x va trebui să se calculeze mai întîi I_x (fig. 3.17, *d*).

$$I_x = 2\left[2\,\{177 + 19{,}2\,(18 - 2{,}82)^2\} + \frac{1\cdot 36^3}{12}\right] = 26\,181 \approx 26\,200 \text{ cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{26\,200}{148{,}8}} = 13{,}28 \text{ cm}.$$

Coeficientul de zvelțețe,

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} = \frac{692}{13{,}28} = 52{,}1 < \lambda_a = 150.$$

2) În planul normal pe planul grinzii, lungimea de flambaj (v. fig. 3.17, *b*) se ia egală cu lungimea teoretică a barei, adică $l_{fy}=l=7\,820$ mm.

Pentru a putea calcula pe i_y, respectiv pe i_1, se determină mai întîi I_y și I_1 (fig. v. 3.17, *d*).

$$I_y=2\left|2\left\{177+19{,}2\,(12+2{,}82)^2\right\}+\frac{36\cdot 1^3}{12}+63\cdot 1\,(12+0{,}5)^2\right|=$$

$$=28\,831\ \text{cm}^4\approx 28\,900\ \text{cm}^4.$$

Centrul de greutate al secțiunii din fig. 3.17, *e* se determină cu relația :

$$x_G=\frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}=\frac{-1\cdot 36\cdot 3{,}32}{1\cdot 36+2\cdot 91{,}20}=-1{,}61\ \text{cm}.$$

(S-a calculat față de axa y_1-y_1).

$$I_1=2\,(177+19{,}2\cdot 1{,}61^2)+\frac{1^3\cdot 35}{12}+1\cdot 36\,(2{,}82+0{,}5-1{,}61)^2=562\ \text{cm}^4.$$

Razele de girație rezultă :

$$i_y=\sqrt{\frac{I_y}{A}}=\sqrt{\frac{28\,900}{148{,}8}}=13{,}92\ \text{cm};$$

$$i_1=\sqrt{\frac{I_1}{A_1}}=\sqrt{\frac{562}{0{,}5\cdot 148{,}8}}=2{,}75\ \text{cm}.$$

Deoarece bara este întinsă, calculul de rigiditate în planul normal pe planul grinzii se reduce la calculul rigidității barei în raport cu axa $y-y$ pentru secțiunea întreagă.

În acest caz :

$$\lambda_y=\frac{l_{fy}}{i_y}=\frac{782}{13{,}92}=56{,}2<\lambda_a=150.$$

Plăcuțele de solidarizare pe diagonala *5—6*, se vor plasa la distanța $l_1\leqslant 50 i_1$, avînd în vedere că solicitarea în bară este alternantă, adică :

$$l_1\leqslant 50\cdot 2{,}75=137{,}5\ \text{cm}$$

Rezultă că pe diagonala *5—6* se vor plasa solidarizări ca în fig. 3.17, *f*

Poziția definitivă a plăcuțelor de solidarizare se determină cu ocazia desenului de execuție.

Deoarece în ambele ipoteze de încărcare apar și eforturi de compresiune trebuie verificată și stabilitatea barei :

$$\lambda_y=56{,}2\ ;\qquad \lambda_1=\frac{138{,}0}{2{,}75}=50$$

$$\lambda_{tr}=\sqrt{56{,}2^2+50^2}=75{,}3$$

pentru care :

$$\varphi=0{,}743\ ;\quad \sigma=\frac{26\,300}{0{,}743\cdot 148{,}8}=238\ \text{daN/cm}^2<\sigma_a=1\,650\ \text{daN/cm}^2.$$

Verificarea condițiilor constructive. Secțiunea diagonalei *5—6* (v. fig. 3.17, *d*) adoptată și verificată satisface condițiile constructive din cap. 2.

Exemplul 3.14. Să se dimensioneze diagonala *1"—2'* ce face parte din contravîntuirea verticală (fig. 3.18). Dimensionarea se conduce cu metoda după stările limită. Se cunoaște :

Solicitarea din

— încărcarea din frînarea podului	$1{,}3\cdot 56=72{,}8$ kN
— vînt pe fronton	$1{,}2\cdot 105=126{,}0$ kN
	$N=198{,}8$ kN

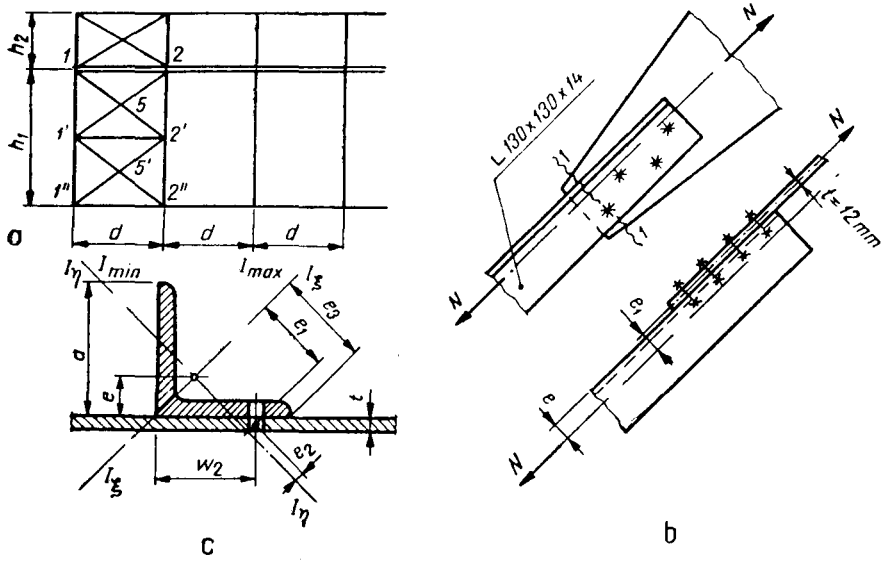


Fig. 3.18.

Lungimea teoretică a barei este de 7 210 mm.

Barele contravîntuirii se vor alcătui din corniere cu aripi egale din OL 37.

Pentru prinderile în noduri se vor folosi șuruburi M 20 în găuri ∅ 21 mm.

Rezolvare

Alegerea secțiunii. Din cauza prinderii în nod diagonala *1"—2'* lucrează la întindere excentrică (fig. 3.18, *a*).

Aria necesară rezultă din :

$$\sigma=\frac{N}{A_n}+\frac{Ne_1}{W_n}\leqslant R\ ;$$

notînd :

$$\frac{W_n}{A_n}=\rho$$

relația devine

$$\sigma = \frac{N}{A_n}\left(1 + \frac{e_1}{\rho}\right) \leqslant R.$$

Pentru corniere cu aripi egale termenul $\frac{e_1}{\rho}$ variază între 2,73 și 2,52. Considerînd pentru acest raport media valorilor de mai înainte rezultă :

$$A_{nec} = \frac{N}{R}(1+2{,}62) = \frac{19\,880}{2\,100}\cdot 3{,}62 = 34{,}3 \text{ cm}^2.$$

Din sortiment (tabelul 1.17) se alege corniera cu secțiunea cea mai apropiată, astfel :

L $130\times130\times14$ cu $A = 34{,}7$ cm^2, $W_{\xi\,max} = 93{,}3$ cm^3

$w_2 = 90$ mm $i_\eta = 2{,}53$ cm.

Aria netă se calculează în secțiunea $1-1$ (v. fig. 3.18, *b*)

$$A_n^{(1)} = A - dt = 34{,}7 - 2{,}1\cdot 1{,}4 = 31{,}76 \text{ cm}^2.$$

Verificarea condiției de rezistență. Excentricitatea forței este :

$$e_1 = 0{,}707\left(w_2 + \frac{t}{2}\right) = 0{,}707\left(9 + \frac{1{,}2}{2}\right) = 6{,}78 \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{19\,880}{31{,}76} + \frac{19\,880\cdot 6{,}78}{93{,}3} = 626 + 1\,445 = 2\,071 \text{ daN/cm}^2 < 2\,100.$$

Observație. Deoarece diagonalele sînt legate între ele în nodul de intersecție $5'$ (v. fig. 3.18) s-a putut neglija efectul încovoierii din greutatea proprie a barei.

Verificarea condiției de rigiditate :

— În planul contravîntuirii, lungimea de flambaj conform tabelului 4.35 se ia

$$l_{fx} = l_1 = \frac{l}{2} = \frac{721}{2} = 360{,}5 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{360{,}5}{2{,}53} = 142{,}5 < \lambda_a = 300.$$

— În planul normal pe planul contravîntuirii, lungimea de flambaj conform tabelului 4.35 se ia :

$$l_{fy} = 0{,}5\,l = 0{,}5\cdot 721 = 360{,}5 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{360{,}5}{2{,}53} = 142{,}5 < \lambda_a = 300.$$

Observație. Se poate ușor constata că soluția adoptată (cornieră prinsă unilateral) nu este cea mai indicată. Dacă diagonala este alcătuită din două corniere prinse central, sînt suficiente 2L $60\times60\times6$ prinse cu șuruburi M 16. Folosind această soluție, secțiunea barei se reduce la 13,82 cm^2 față de 34,7 cm^2 adică o reducere de circa 150%. O parte din această economie este consumată de plăcuțele de solidarizare și de gusecul din nodul de intersecție al diagonalelor

Exemplul 3.15. Să se dimensioneze diagonala $1'-2$ ce face parte dintr-o contravîntuire verticală (v. fig. 3.18), știind că lucrează la întindere excentrică. Se cunoaște :

Solicitarea din :

— încărcarea permanentă $N_g = +\ 500$ daN
— încărcarea din frînarea podului $N_f = +\ 5\,600$ daN,
— vînt pe fronton $N_v = +10\,500$ daN.

Lungimea teoretică a barei $l = 7\,210$ mm.

Barele contravîntuirii se vor alcătui ca secțiuni simple, dintr-o cornieră cu aripi egale, din OL 37.

Pentru prinderea elementelor contravîntuirii în noduri, se vor folosi șuruburi M 20 (diametrul găurii $\varnothing$ 21 mm).

Calculul se conduce după metoda rezistențelor admisibile.

Rezolvare

Solicitările maxime în diagonală sînt :

— Ipoteza I : $N_I = 500 + 5\,600 = 6\,100$ daN ;
— Ipoteza II : $N_{II} = 500 + 5\,600 + 10\,500 = 16\,600$ daN.

Alegerea secțiunii. Elementele construcțiilor industriale se calculează în ipoteza I cu $\sigma_a^I = 1\,600$ daN/cm^2 și în ipoteza II cu $\sigma_a^{II} = 1\,800$ daN/cm^2.

Ipoteza de calcul hotărîtoare se poate deduce din raportul

$$\frac{N_I}{N_{II}} = \frac{6{,}10}{16{,}50} = 0{,}370 < \frac{\sigma_a^I}{\sigma_a^{II}} = \frac{1\,600}{1\,800} = 0{,}890$$

deci ipoteza II este hotărîtoare.

Avînd în vedere că diagonala $1'-2$ lucrează la întindere excentrică, aria necesară se determină plecînd de la relația :

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{Ne_1}{W} < \sigma_a.$$

Notînd cu $\rho = \frac{W}{A}$, relația devine

$$\sigma = \frac{N}{A}\left(1 + \frac{e_1}{\rho}\right) < \sigma_a ;$$

e_1 rezultă din fig. 3.18, *c*.

În cazul acesta rezultă

$$A_{nec} = \frac{N}{\sigma_a^{II}}\left(1 + \frac{e_1}{\rho}\right) = \frac{16\,600}{1\,800}(1+2{,}62) = 32{,}4 \text{ cm}^2.$$

Raportul $\frac{e_1}{\rho}$, pentru corniere cu aripi egale care admit două linii de nituire, este $2{,}73 \geqslant \frac{e_1}{\rho} \geqslant 2{,}52$. Pentru corniera L $130\times130\times(\ldots)$ se ia media aritmetică a valorilor extreme și rezultă:

$$\frac{e_1}{\rho} = \frac{2{,}73+2{,}52}{2} = 2{,}62.$$

Din sortiment (v. tabelul 1.17) se alege corniera cu aria secțiunii cea mai apropiată de A_{nec}

L $130\times130\times14$, cu $A=34{,}7$ cm^2; $W_{\xi\,max}=83{,}3$ cm^3

$$w_2=90 \text{ mm}; \quad i_\eta=2{,}53 \text{ cm}.$$

— Aria netă efectivă se calculează în secțiunea *1—1* (v. fig. 3.18, *b*).

$$A_n^{(1)}=A-dl=34{,}7-2{,}1\cdot1{,}4=31{,}76 \text{ cm}^2.$$

Verificarea condiției de rezistență. Se face cu A_n minim și W_{br} deoarece slăbirea prin gaura de șurub nu modifică esențial modulului de rezistență.

Excentricitatea forței este

$$e_1=0{,}707\left(w_2+\frac{t}{2}\right)=0{,}707\left(9+\frac{1{,}2}{2}\right)=6{,}78 \text{ cm}.$$

$$\sigma=\frac{N}{A_n}+\frac{Ne_1}{W}=\frac{16\,600}{31{,}76}+\frac{16\,600\cdot6{,}78}{93{,}3}=1\,726 \text{ daN/cm}^2<\sigma_a^{II}=1\,800 \text{ daN/cm}^2.$$

Observație. Deoarece diagonalele sînt legate între ele în nodul *5* de intersecție (v. fig. 3.18,*a*) s-a putut neglija efectul încovoierii din greutatea proprie a barei.

Verificarea condiției de rigiditate (v. fig. 3.18, *a*):

— În planul contravîntuirii, lungimea de flambaj, conform tabelului 4.35, se ia

$$l_{fx}=l_1=\frac{l}{2}=\frac{7\,210}{2}=3\,605 \text{ mm}=360{,}5 \text{ cm}$$

$$\lambda_x=\frac{l_{fx}}{i_{min}}=\frac{360{,}5}{2{,}53}=142{,}5<\lambda_a=300.$$

— În planul normal pe planul contravîntuirii, lungimea de flambaj, conform tabelului 4.35, se ia:

$$l_{fy}=0{,}5\,l=0{,}5\cdot721=360{,}5 \text{ cm}$$

$$\lambda_y=\frac{l_{fy}}{i_{min}}=\frac{360{,}5}{2{,}53}=142{,}5<\lambda_a=300.$$

Observație. Se poate ușor constata că soluția adoptată (cornieră prinsă unilateral) nu este cea mai indicată. Dacă diagonala se execută din două corniere prinse central, erau suficiente doar 2L $60\times60\times6$ prinse cu șuruburi M 16 cu $A_n=13{,}82-2\cdot1{,}6\cdot0{,}6=11{,}9$ cm^2, pentru care

rezultă $\sigma=1\,395$ daN/cm^2, $\lambda_a=200<\lambda_a$ și $\lambda_y=252<\lambda_a$. Folosind cea de-a doua soluție, secțiunea diagonalei se reduce de la 34,7 cm^2 la 13,82 cm^2, adică o reducere de circa 150%. O parte din această diferență este consumată pentru realizarea plăcuțelor de solidarizare și a guseului din nodul de intersecție a diagonalelor.

Pe de altă parte, se constată că în acest caz, indiferent de metoda de calcul (v. exemplul 3.14), s-a ajuns la același rezultat.

Exemplul 3.16. Să se dimensioneze cablurile de ancorare ale unui pilon pentru antenă radio, cu secțiune pătrată, ancorat la un singur nivel, cunoscînd că solicitarea în cabluri provine din:

— încărcarea dată de presiunea vîntului $N_v=22\,150$ daN

— pretensionare $N_0=15\,000$ daN..

Rezolvare

Alegerea secțiunii cablului. Se face pe baza următoarelor considerente:

— cablul se execută zincat de tipul $1\times37-120$ (STAS 1513-66);

— rezistența de rupere la tracțiune a sîrmei $\sigma_r=120$ daN/mm^2;

— coeficientul de cablare se apreciază la $m=0{,}85$;

— coeficientul de siguranță $c=3$ [6];

— rezistența de rupere reală a cablului este egală cu $m\sigma_r$.

$$A_{nec}=\frac{c(N_0+N_v)}{m\sigma_r}=\frac{3\,(22\,150+15\,000)}{0{,}85\cdot120}=1\,093 \text{ mm}^2.$$

Se alege un cablu cu diametrul nominal 44 ($44-1\times37-120$, STAS 1513-66) cu $A=1\,103$ mm^2, $m=0{,}86$.

Verificarea coeficientului de siguranță

$$c=\frac{N_{cap}}{N_{max}}=\frac{mA\sigma_r}{N_0+N_v}=\frac{0{,}86\cdot1\,103\cdot120}{37\,150}=3{,}06>3{,}00.$$

Exemplul 3.17. Pentru o instalație de extracție de minereu, să se verifice cablul portant de ridicare al coliviei, în ipoteza că se realizează și transport de persoane. Se cunoaște:

Solicitarea maximă de tracțiune în cablu [6]:

— ridicare minereu 18 200 daN;

— ridicare persoane (30 persoane) 14 500 daN.

Caracteristicile cablului (cablu $50/6-61-180$ Z/Z STAS 1353-66):

$A=935{,}30$ mm^2; $\sigma_r=180$ daN/mm^2; coeficientul de cablare $m=0{,}78$.

Coeficienții de siguranță [6]

— transport minereu $c=5{,}5$;

— transport persoane $c=9{,}0$.

Rezolvare

Este necesară verificarea coeficienților de siguranță:

— transport de minereu

$$c=\frac{N_{cap}}{N_{max}}=\frac{mA\sigma_r}{N_{max}}=\frac{0{,}78\cdot935{,}30\cdot180}{18\,200}=7{,}2>5{,}5.$$

— transport persoane

$$c=\frac{0{,}78\cdot 935{,}30\cdot 180}{14\,500}=9{,}06>9{,}0.$$

Exemplul 3.18. Pentru reducerea solicitărilor după axa $y-y$ în panele unui acoperiș realizat cu tablă ondulată, se introduc tiranți din oțel rotund la jumătatea deschiderii panei pe șase panouri (fig. 3.19). Se cere dimensionarea

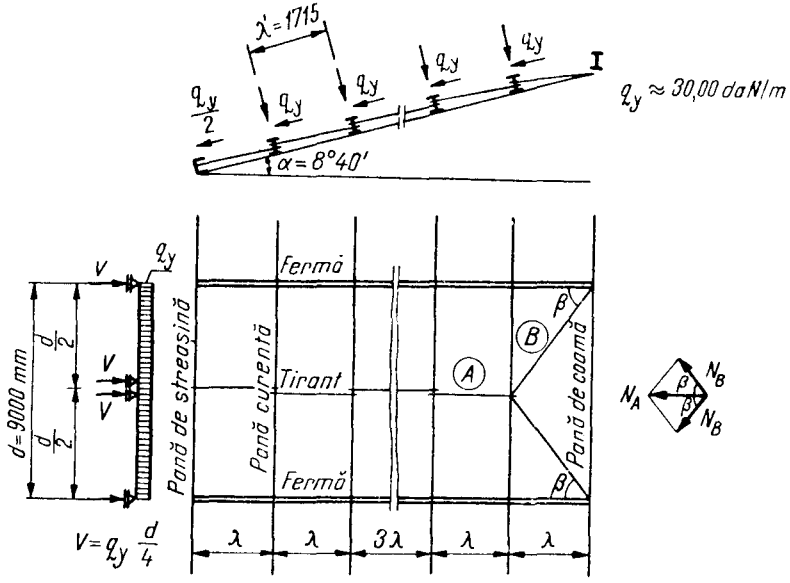


Fig. 3.19.

acestor tiranți cu metoda stărilor limită, știind că componenta încărcării din planul acoperișului este : $q_y=30$ daN/m.

Rezolvare

Tirantul A. Solicitarea maximă în tirantul A este

$$N_A=\left(\frac{1}{2}q_y+5q_y\right)\frac{d}{2}=5{,}5\cdot 30\cdot\frac{9{,}00}{2}=742{,}5\text{ daN}.$$

Secțiunea necesară (la filet) a tirantului se determină cu relația (3.1) unde $R=2\,100$ daN/cm², pentru oțel marca OL 37 :

$$A_{nec}=\frac{742{,}5}{2\,100}=0{,}354\text{ cm}^2.$$

Această secțiune trebuie să fie asigurată de tirant la filet, prinderea lui de pane făcîndu-se cu piulițe. Din tabelul cu aria secțiunii pentru șuruburi (v.cap. 9)

pentru $A_{n,nec}$ rezultă un șurub M 12 cu $A_n=0{,}762$ cm². (Tirantul se execută dintr-un oțel rotund OL 37 cu $\varnothing=12$ mm).

Verificarea tirantului se face fără a lua în considerare solicitarea de încovoiere provenită din greutatea proprie, fiind neglijabilă. În această situație tirantul se verifică la filet

$$\sigma=\frac{742{,}5}{0{,}762}=976\text{ daN/cm}^2<R=2\,100\text{ daN/cm}^2.$$

Tirantul B. Solicitarea maximă este (fig. 3.19)

$$N_B=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}q_y+6q_y\right)\frac{d}{2}\,\frac{1}{\cos\beta}=\frac{6{,}5\cdot 30\cdot 9{,}0}{4\cdot 0{,}356}=1\,230\text{ daN}$$

unde

$$\cos\beta=\frac{\lambda'}{\sqrt{\lambda'^2+\left(\frac{d}{2}\right)^2}}=\frac{1{,}715}{\sqrt{1{,}715^2+4{,}5^2}}=0{,}356.$$

Secțiunea necesară la filet a tirantului este:

$$A_{n,nec}=\frac{1\,230}{2\,100}=0{,}585\text{ cm}^2$$

pentru care se alege tot un tirant de $\varnothing$ 12, ca și în cazul precedent. Verificarea tirantului se face fără a lua în considerare efectul greutății proprii, deci

$$\sigma=\frac{1\,230}{0{,}762}=1\,640\text{ daN/cm}^2<R=2\,100\text{ daN/cm}^2.$$

4. BARE SOLICITATE LA COMPRESIUNE CENTRICĂ ȘI EXCENTRICĂ

4.1. Elemente de calcul

4.1.1. Generalități

Barele comprimate, stîlpi sau elemente ale grinzilor cu zăbrele, sînt alcătuite de regulă din profile laminate. În cazul barelor puternic solicitate, secțiunea poate fi alcătuită și din tablă și platbande sudate. Forma și mărimea secțiunii este condiționată de rolul barei în construcție, de mărimea solicitării, de condiții de stabilitate, de calitatea materialului și de modul de execuție.

După modul de alcătuire a secțiunii transversale, barele comprimate pot fi realizate :

— ca secțiuni unitare formate dintr-un singur element, sau din mai multe elemente asamblate continuu pe toată lungimea lor (fig. 4.1) ;

— ca secțiuni compuse formate din două sau mai multe elemente puțin depărtate (fig. 4.2) ;

— ca secțiuni compuse formate din două sau mai multe elemente mult depărtate unele de altele (fig. 4.3).

În cazul grinzilor cu zăbrele, după cum prinderea barelor în noduri necesită gusee așezate într-un plan sau în două plane paralele, secțiunile pot fi clasificate în :

— secțiuni cu un perete, soluție care poate fi aplicată în cazul unor solicitări mici și mijlocii ;

— secțiuni cu doi pereți, soluție folosită în cazul unor solicitări mari și foarte mari.

Barele comprimate din compunerea grinzilor cu zăbrele (tălpi diagonale, montanți) sînt considerate articulate la capete. Stîlpii pot avea capetele articulate sau încastrate, fixe sau deplasabile, în funcție de caracterul legăturilor de la cele două niveluri.

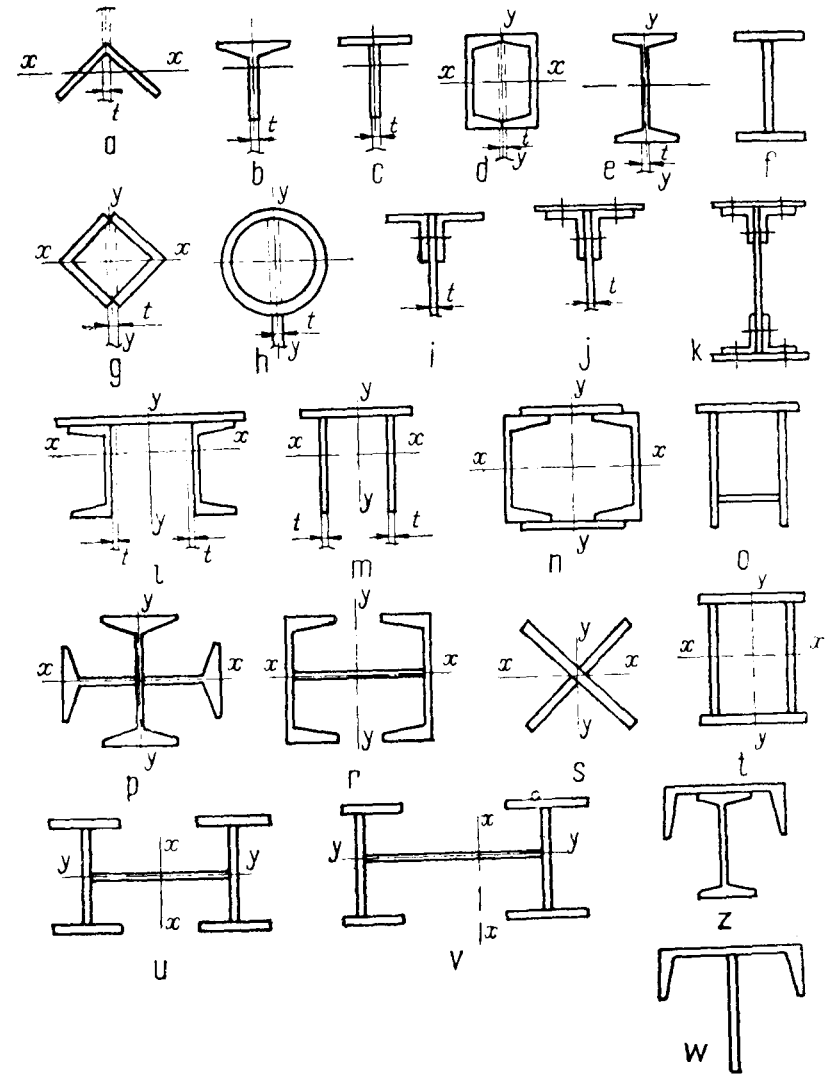


Fig. 4.1.

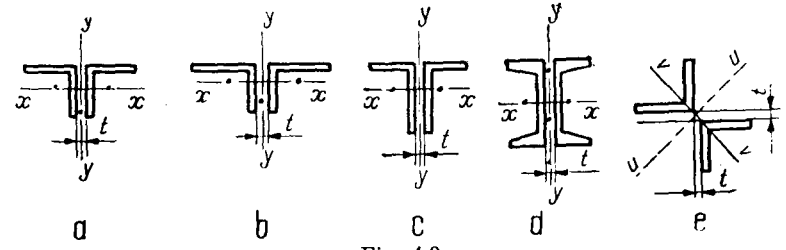


Fig. 4.2.

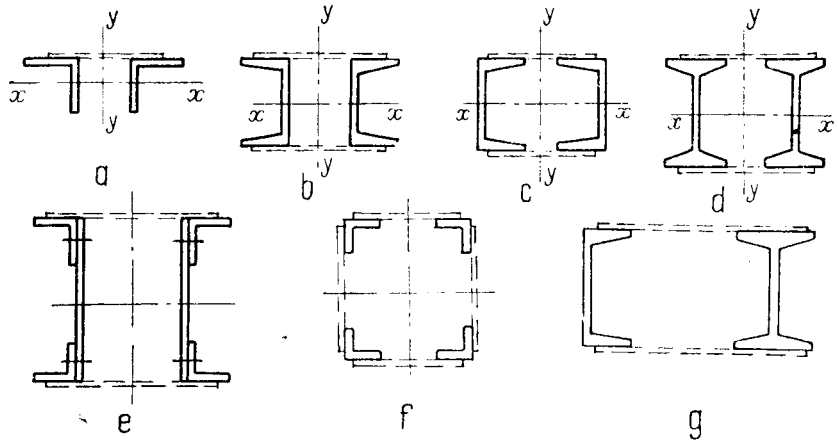


Fig. 4.3.

4.1.2. Dimensionarea aproximativă a barelor solicitate la compresiune centrică

Alegerea secțiunii barelor comprimate se face ținînd seama de : forța axială maximă de compresiune care apare în bară în gruparea încărcărilor cea mai defavorabilă, lungimea de flambaj, calitatea materialului și de considerente constructive.

4.1.2.1. **Alegerea secțiunii.** Aria brută necesară a secțiunii unei bare solicitată la compresiune centrică se determină cu relația :

— În cazul construcțiilor civile, industriale și agricole

$$A_{nec} = \frac{N}{\varphi R} \tag{4.1}$$

unde : N este efortul maxim de calcul obținut prin însumarea efectului încărcărilor normate multiplicate fiecare cu coeficientul încărcării respective și cu luarea în considerare a coeficientului de simultaneitate (v. cap. 2) ;

R — rezistența de calcul corespunzătoare calității oțelului (v. cap. 2) ;

φ — coeficientul de flambaj care depinde de calitatea oțelului folosit, de tipul secțiunii transversale și axa față de care se produce flambajul și de coeficientul de zvelțețe

$$\lambda = \frac{l_f}{i} , \tag{4.2}$$

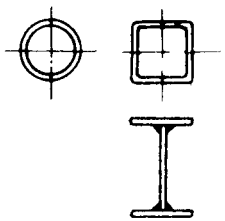
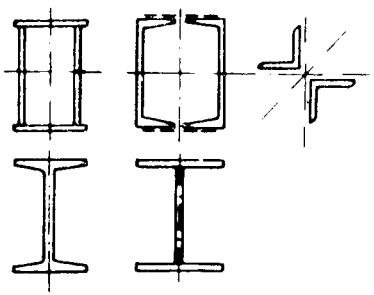
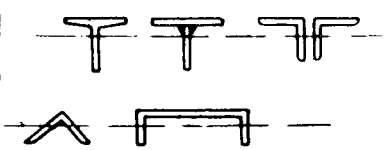
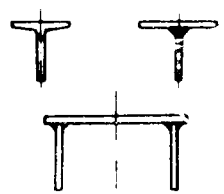
unde : l_f este lungimea de flambaj iar i raza de girație, calculată în raport cu axa principală a secțiunii, perpendiculară pe planul în care se produce flambajul.

Încadrarea în cele trei tipuri de secțiuni rezultă din tabelul 4.1, iar coeficientul φ din tabelele 4.2 — 4.23.

Tabelul 4.1

Clasificarea secțiunilor transversale pe grupe de secțiuni pentru calculul la flambaj

A. *Construcții civile, industriale și agricole* (Conform STAS 10108/0-78)

Nr. crt.	Tipul secțiunilor definire și forma în plan		Curba de flambaj
1	a) Tuburi laminate la cald, fără sudură b) Profile dublu T laminate sau sudate din tablă tăiată cu flacăra, care flambează în plan paralel cu inima		$A - R_c$
2	a) Chesoane sudate, profile solidarizate b) Profile dublu T laminate sau sudate din tablă tăiată cu flacăra, care flambează în plan paralel cu tălpile		$B - R_c$
3	Profile deschise cu o axă de simetrie [1] a) Flambaj în plan paralel cu axa de simetrie		$C - R_c$
	b) Flambaj în plan perpendicular pe axa de simetrie [1]		$B - R_c$

Observații. [1] Flambajul se produce prin încovoiere-răsucire dacă λ în raport cu axa de simetrie este mai mare decît λ în raport cu axa perpendiculară pe axa de simetrie ; în acest caz verificarea pierderii stabilității se face cu λ_{ir}.

Tabelul 4.1 (continuare)

B. *Poduri metalice și construcții metalice hidrotehnice* (Conform STAS 1911-78)

Nr. crt.	Tipuri de secțiuni și cazuri de flambaj			Simbolul grupei de secțiuni
1	Țevi laminate			a
2	Țevi sudate			a
3	Secțiuni casetate sudate (secțiuni cheson)			b
4	Profile I și II laminate	Flambaj paralel cu inima	$\frac{h}{b} > 1{,}2$	a
5			$\frac{h}{b} \leqslant 1{,}2$	b
6		Flambaj paralel cu tălpile		b
7	Profile I și II sudate	Flambaj paralel cu inima	Tălpi tăiate cu flacăra	a
8			Tălpi din platbande	b
9		Flambaj paralel cu tălpile		b
10	Profile I și II laminate cu tălpi adiționale sudate	Flambaj paralel cu tălpile		a
11		Flambaj paralel cu inima		b
12	Profile laminate U și T			b
13	Profile T obținute prin tăiere din laminate I			b
14	Profile cu secțiune unitară nituite			b
15	Bare compuse solidarizate cu nituri sau sudură			b

Tabelul 4.2

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *A*-23 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=23 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,998
10	0,997	0,997	0,996	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,990
20	0,989	0,988	0,987	0,986	0,985	0,983	0,982	0,980	0,979	0,977
30	0,975	0,974	0,972	0,970	0,968	0,966	0,964	0,962	0,959	0,957
40	0,954	0,952	0,949	0,947	0,944	0,941	0,938	0,935	0,932	0,928
50	0,925	0,921	0,918	0,914	0,910	0,906	0,902	0,898	0,894	0,890
60	0,885	0,881	0,876	0,871	0,866	0,861	0,856	0,851	0,846	0,840
70	0,835	0,829	0,823	0,817	0,811	0,805	0,799	0,793	0,786	0,780
80	0,773	0,766	0,760	0,753	0,746	0,739	0,732	0,725	0,718	0,711
90	0,704	0,696	0,689	0,682	0,675	0,668	0,660	0,653	0,646	0,639
100	0,631	0,624	0,617	0,610	0,603	0,596	0,589	0,582	0,575	0,568
110	0,562	0,555	0,548	0,542	0,535	0,529	0,522	0,516	0,510	0,503
120	0,497	0,491	0,485	0,479	0,474	0,468	0,462	0,457	0,451	0,446
130	0,440	0,435	0,430	0,425	0,420	0,415	0,410	0,405	0,400	0,395
140	0,391	0,386	0,381	0,377	0,373	0,368	0,364	0,360	0,356	0,352
150	0,348	0,344	0,340	0,336	0,332	0,328	0,325	0,321	0,318	0,314
160	0,311	0,307	0,304	0,301	0,297	0,294	0,291	0,238	0,285	0,282
170	0,279	0,276	0,273	0,270	0,267	0,265	0,262	0,259	0,257	0,254
180	0,251	0,249	0,246	0,244	0,242	0,239	0,237	0,234	0,232	0,230
190	0,228	0,225	0,223	0,221	0,219	0,217	0,215	0,213	0,211	0,209

Curba *A*-23 : $\varphi_A = \left(0{,}6465 + \frac{5\,667}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}6465 + \frac{5\,667}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{11\,335}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.3

Construcții civile industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *B*-23 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=23 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,997	0,997
10	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,989	0,988	0,987	0,985
20	0,983	0,982	0,980	0,978	0,976	0,974	0,972	0,969	0,967	0,964
30	0,962	0,959	0,956	0,953	0,950	0,947	0,944	0,941	0,938	0,934
40	0,930	0,927	0,923	0,919	0,915	0,911	0,907	0,902	0,898	0,893
50	0,889	0,884	0,879	0,874	0,869	0,864	0,858	0,853	0,847	0,842
60	0,836	0,830	0,824	0,818	0,812	0,806	0,800	0,794	0,787	0,781
70	0,774	0,768	0,761	0,754	0,747	0,741	0,734	0,727	0,720	0,713
80	0,706	0,699	0,692	0,685	0,678	0,670	0,663	0,656	0,649	0,642
90	0,635	0,628	0,621	0,614	0,607	0,600	0,593	0,587	0,580	0,573
100	0,566	0,560	0,553	0,547	0,540	0,534	0,527	0,521	0,515	0,509
110	0,503	0,497	0,491	0,485	0,479	0,473	0,467	0,462	0,456	0,451
120	0,445	0,440	0,435	0,430	0,424	0,419	0,414	0,409	0,405	0,400
130	0,395	0,390	0,386	0,381	0,377	0,372	0,368	0,364	0,360	0,356
140	0,351	0,347	0,343	0,340	0,336	0,332	0,328	0,324	0,321	0,317
150	0,314	0,310	0,307	0,303	0,300	0,297	0,294	0,290	0,287	0,284
160	0,281	0,278	0,275	0,272	0,269	0,266	0,264	0,261	0,258	0,256
170	0,253	0,250	0,248	0,245	0,243	0,240	0,238	0,235	0,233	0,231
180	0,228	0,226	0,224	0,222	0,220	0,217	0,215	0,213	0,211	0,209
190	0,207	0,205	0,203	0,201	0,200	0,198	0,196	0,194	0,192	0,190

Curba *B*-23 : $\varphi_B = \left(0{,}7506 + \frac{6\,105}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}7506 + \frac{6\,105}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{12210}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.4

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *C*-23 (STAS 10108/0-78)									Oțeluri cu R_c=23 daN/mm²
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995	0,994
10	0,992	0,991	0,989	0,987	0,985	0,983	0,981	0,978	0,976	0,973
20	0,970	0,967	0,964	0,960	0,957	0,953	0,950	0,946	0,942	0,938
30	0,934	0,929	0,925	0,920	0,916	0,911	0,906	0,901	0,896	0,891
40	0,885	0,880	0,874	0,869	0,863	0,857	0,851	0,846	0,840	0,834
50	0,827	0,821	0,815	0,809	0,802	0,796	0,789	0,783	0,776	0,770
60	0,763	0,757	0,750	0,743	0,737	0,730	0,723	0,717	0,710	0,703
70	0,697	0,690	0,683	0,676	0,670	0,663	0,656	0,650	0 643	0,637
80	0,630	0,624	0,617	0,611	0,604	0,598	0,592	0,585	0,579	0,573
90	0,567	0,561	0,555	0,549	0,543	0,537	0,531	0,525	0,519	0,514
100	0,508	0,503	0,497	0,492	0,486	0,481	0,476	0,470	0,465	0,460
110	0,455	0,450	0,445	0,440	0,435	0,430	0,426	0,421	0,416	0,412
120	0,407	0,403	0,399	0,394	0,390	0,386	0,382	0,377	0,373	0,369
130	0,365	0,361	0,358	0,354	0,350	0,346	0,343	0,339	0,335	0,332
140	0,328	0,325	0,322	0,318	0,315	0,312	0,309	0,305	0,302	0,299
150	0,296	0,293	0,290	0,287	0,284	0,281	0,279	0,276	0,273	0,270
160	0,268	0,265	0,262	0,260	0,257	0,255	0,252	0,250	0,248	0,245
170	0,243	0,240	0,238	0,236	0,234	0,232	0,229	0,227	0,225	0,223
180	0,221	0,219	0,217	0,215	0,213	0,211	0,209	0,207	0,205	0,204
190	0,202	0,200	0,198	0,196	0,195	0,193	0,191	0,190	0,188	0,186

Curba *C*-23: $\varphi_C = \left(1{,}411 + \frac{11\,951}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(1{,}411 + \frac{11\,951}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{23\,902}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.5

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *A*-24 (STAS 10108/0-78)									Oțeluri cu R_c=24 daN/mm²
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,998
10	0,997	0,997	0,996	0,995	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,990
20	0,989	0,988	0,987	0,985	0,984	0,982	0,981	0,979	0,978	0,976
30	0,974	0,972	0,970	0,968	0,966	0,964	0,962	0,960	0,957	0,955
40	0,952	0,950	0,947	0,944	0,941	0,938	0,935	0,932	0,928	0,925
50	0,921	0,918	0,914	0,910	0,906	0,902	0,898	0,893	0,889	0,884
60	0,879	0,875	0,870	0,865	0,860	0,854	0,849	0,843	0,838	0,832
70	0,826	0,820	0,814	0,808	0,801	0,795	0,788	0,782	0,775	0,768
80	0,762	0,755	0,748	0,741	0,733	0,726	0,719	0,712	0,704	0,697
90	0,690	0,682	0.675	0,668	0,660	0,653	0,645	0,638	0,631	0,623
100	0,616	0,609	0,602	0,594	0,587	0,580	0,573	0,566	0,559	0,553
110	0,546	0,539	0,532	0,526	0,519	0,513	0,507	0,500	0,494	0,488
120	0,482	0,476	0,470	0,464	0,458	0,453	0,447	0,442	0,436	0,431
130	0,426	0,420	0,415	0,410	0,405	0,400	0,396	0,391	0,386	0,382
140	0,377	0,372	0,368	0,361	0,359	0,355	0,351	0,347	0,343	0,339
150	0,335	0,331	0,327	0,324	0,320	0,316	0,313	0,309	0,306	0,303
160	0,299	0,296	0,293	0,289	0,286	0 283	0,280	0,277	0,274	0,271
170	0,268	0,266	0,263	0,260	0,257	0,255	0,252	0,249	0,247	0,244
180	0,242	0,239	0,237	0,235	0,232	0,230	0,228	0,225	0 223	0,221
190	0,219	0,217	0,215	0,213	0,211	0,209	0,207	0,205	0,203	0,201

Curba *A*-24: $\varphi_A = \left(0{,}6465 + \frac{5\,431}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}6465 + \frac{5\,431}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{10\,862}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.6

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *B*-24 (STAS 10108/0-78)									Oțeluri cu R_c=24 daN/mm²
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997	0,997
10	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,990	0,989	0,987	0,986	0,984
20	0,983	0,981	0,979	0,977	0,975	0,973	0,970	0,968	0,965	0,963
30	0,960	0,957	0,954	0,951	0 948	0,945	0,942	0,938	0,935	0,931
40	0,927	0,923	0,919	0,915	0,911	0,907	0,902	0,898	0,893	0,888
50	0,883	0,878	0,873	0 868	0,863	0,857	0,852	0,846	0,840	0,834
60	0,829	0,822	0,816	0,810	0,804	0,797	0,791	0,784	0,778	0,771
70	0,764	0,757	0,750	0,743	0,736	0,729	0,722	0,715	0,708	0,701
80	0,694	0,686	0 679	0,672	0,665	0,657	0,650	0,643	0,636	0,629
90	0,622	0,614	0,607	0,600	0,593	0,582	0,579	0,572	0,566	0,559
100	0,552	0,546	0,539	0,532	0,526	0,520	0,513	0,507	0,501	0,495
110	0,488	0,482	0,477	0,471	0,465	0,459	0,454	0,442	0,443	0,437
120	0,432	0,427	0,421	0,416	0,411	0,406	0,401	0,396	0,392	0,387
130	0,382	0,378	0,373	0,369	0,364	0,360	0,356	0,352	0,348	0,343
140	0,339	0,336	0,332	0,328	0,324	0,320	0,317	0,313	0,310	0,306
150	0,303	0,299	0,296	0,293	0,289	0,286	0,283	0,280	0,277	0,274
160	0,271	0,268	0,265	0,262	0,259	0,257	0,254	0,251	0,249	0,246
170	0,244	0,241	0,239	0,236	0,234	0,231	0,229	0,227	0,224	0,222
180	0,220	0,218	0,216	0,213	0,211	0,209	0,207	0,205	0,203	0,201
190	0,199	0,197	0,196	0,194	0,192	0,190	0,188	0,187	0,185	0,183

Curba *B*-24: $\varphi_B = \left(0{,}7506 + \frac{5\,851}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}7506 + \frac{5\,851}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{11\,702}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.7

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *C*-24 (STAS 10108/0-77)									Oțeluri cu R_c=24 daN/mm²
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995	0,994
10	0,992	0,990	0,989	0,987	0,985	0,982	0,980	0,977	0,975	0,972
20	0,969	0,965	0,962	0,959	0,955	0,951	0,948	0,944	0,939	0,935
30	0,931	0,926	0,922	0,917	0,912	0,907	0,902	0,897	0,892	0,886
40	0,881	0,875	0,869	0,863	0,858	0,852	0,846	0,840	0,833	0,827
50	0,821	0,814	0,808	0,801	0,795	0,788	0,782	0,775	0,768	0,762
60	0,755	0,748	0,741	0,734	0,728	0,721	0,714	0,707	0,700	0,693
70	0,686	0,680	0,673	0,666	0,659	0,652	0,646	0,639	0,632	0,626
80	0,619	0,612	0,606	0,599	0,593	0,586	0,580	0,574	0,567	0,561
90	0,555	0,549	0,543	0,537	0,531	0,525	0,519	0,513	0,508	0 502
100	0,496	0,491	0,485	0,480	0,474	0,468	0,464	0,458	0,453	0,448
110	0,443	0,438	0,433	0,428	0,424	0,419	0,414	0,410	0,405	0,400
120	0,396	0,392	0,387	0,383	0,379	0,375	0,371	0,366	0,362	0,358
130	0,355	0,351	0,347	0,343	0,339	0,336	0,332	0,329	0,325	0,322
140	0,318	0,315	0,312	0,308	0,305	0,302	0,299	0,296	0,293	0,289
150	0,286	0,284	0,281	0,278	0,275	0,272	0,269	0,267	0,264	0,261
160	0,259	0,256	0,254	0,251	0,249	0,246	0,244	0,241	0,239	0,237
170	0,234	0,232	0,230	0,228	0,226	0,224	0,221	0,219	0,217	0,215
180	0,213	0,211	0,209	0,207	0,205	0,204	0,202	0,200	0,198	0,196
190	0,195	0,193	0,191	0,189	0,188	0,186	0,184	0.183	0,181	0,180

Curba *C*-24: $\varphi_C = \left(1{,}411 + \frac{11\,453}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(1{,}411 + \frac{11\,453}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{22\,917}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.8

Construcții civile, industriale și agricole			**Coeficienți de flambaj φ** Curba *A*-26 (STAS 10108/0-78)					Oțeluri cu R_c=26 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1.000	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,998
10	0,997	0,996	0,996	0,995	0.994	0,993	0,992	0,991	0,990	0,989
20	0,988	0,987	0,985	0,984	0,982	0,981	0,979	0,978	0,976	0,974
30	0,972	0,970	0,968	0,966	0,963	0,961	0,959	0,956	0,953	0,951
10	0,948	0,945	0,942	0,939	0,935	0,932	0,929	0,925	0,921	0,918
50	0,914	0,910	0,905	0,901	0,897	0,892	0,887	0,883	0,878	0,873
60	0,867	0,862	0,857	0,851	0,845	0,840	0,834	0,828	0,821	0,815
70	0,809	0,802	0,795	0,789	0,782	0,775	0,768	0,761	0,753	0,746
80	0,739	0 731	0,724	0,716	0,709	0,701	0,693	0,686	0,678	0,670
90	0,663	0,655	0,647	0,640	0,632	0,624	0,617	0,609	0,602	0,594
100	0,587	0,579	0,572	0,565	0,558	0,551	0,544	0,537	0,530	0,523
110	0,516	0,509	0,503	0,496	0,490	0,484	0,477	0,471	0,465	0,459
120	0,453	0,448	0,442	0,436	0,431	0,425	0,420	0,414	0,409	0,404
130	0,399	0,394	0,389	0,384	0,379	0,375	0,370	0,365	0,361	0,357
140	0,352	0,348	0,344	0,340	0,336	0,332	0,328	0,324	0,320	0,316
150	0,312	0,309	0,305	0,302	0,298	0,295	0,291	0,288	0,285	0,282
160	0,279	0,275	0,272	0,269	0,266	0,263	0,261	0,258	0,255	0,252
170	0,250	0,247	0,244	0,242	0,239	0,237	0,234	0,232	0,229	0,227
180	0,225	0,222	0,220	0,218	0,216	0,213	0,211	0,209	0,207	0,205
190	0,203	0,201	0,199	0,197	0,195	0,193	0,192	0,190	0,188	0,186

Curba *A*-26 : $\varphi_A = \left(0{,}6465 + \frac{5\,013}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}6465 + \frac{5\,013}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{10\,026}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.9

Construcții civile, industriale și agricole			**Coeficienți de flambaj φ** Curba *B*-26 (STAS 10108/0-78)					Oțeluri cu R_c=26 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997	0,996
10	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,989	0,988	0,986	0,985	0,983
20	0,981	0,979	0,977	0,975	0,973	0,970	0,968	0,965	0,962	0,960
30	0,957	0,954	0,950	0,947	0,944	0,940	0,937	0,933	0,929	0,925
40	0,921	0,917	0,912	0,908	0,903	0,898	0,894	0,889	0,884	0,878
50	0,873	0,868	0,862	0,856	0,851	0,845	0,839	0,833	0,826	0,820
60	0,814	0,807	0,800	0,794	0,787	0,780	0,773	0,766	0,759	0,752
70	0,744	0,737	0,730	0,722	0.715	0,708	0,700	0,693	0,685	0,678
80	0,670	0,662	0,655	0,647	0,640	0,632	0,625	0,618	0,610	0,603
90	0,596	0,588	0,581	0,574	0,567	0,560	0,553	0,546	0,539	0,532
100	0,525	0,519	0,512	0,506	0,499	0,493	0,486	0,480	0,474	0,468
110	0,462	0,456	0,450	0,445	0,439	0,433	0,428	0,422	0,417	0,412
120	0,407	0,402	0,396	0,392	0,387	0,382	0,377	0,372	0,368	0,363
130	0,359	0,354	0,350	0,346	0,342	0,337	0,333	0,329	0,325	0,322
140	0,318	0,314	0,310	0,307	0,303	0,299	0,296	0,293	0,289	0,286
150	0,283	0,279	0,276	0,273	0,270	0,267	0,264	0,261	0,258	0,255
160	0,253	0,250	0,247	0,244	0,242	0,239	0,237	0,234	0,232	0,229
170	0,227	0,224	0,222	0,220	0,217	0,215	0,213	0,211	0,209	0,207
180	0,205	0,202	0,200	0,198	0,196	0,195	0,193	0,191	0,189	0,187
190	0,185	0,183	0,182	0,180	0,178	0,177	0,175	0,173	0,172	0,170

Curba *B*-26 : $\varphi_B = \left(0{,}7506 + \frac{5\,401}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}7506 + \frac{5\,401}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{10\,802}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.10

Construcții civile, industriale și agricole			**Coeficienți de flambaj φ** Curba *C*-26 (STAS 10108/0-78)					Oțeluri cu R_c=26 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,997	0,996	0,994	0,993
10	0,991	0,990	0,988	0,986	0,983	0,981	0,978	0,975	0,972	0,969
20	0,966	0,963	0,959	0,955	0,952	0,948	0,943	0,939	0,935	0,930
30	0,925	0,920	0,915	0,910	0,905	0,900	0,894	0,889	0,883	0,877
40	0,871	0,865	0,859	0,853	0,847	0,841	0,834	0,828	0,821	0,814
50	0,808	0,801	0,794	0,787	0,780	0,773	0,766	0,759	0,752	0,745
60	0,738	0,731	0,724	0,717	0,710	0,702	0,695	0,688	0,681	0,674
70	0,667	0,660	0,653	0,646	0,639	0,632	0,625	0,618	0,611	0,604
80	0,598	0,591	0,584	0,578	0,571	0,565	0,558	0,552	0,545	0,539
90	0,533	0,527	0,520	0,514	0,508	0,503	0,497	0,491	0,485	0,479
100	0,474	0,468	0,463	0,457	0,452	0,447	0,442	0,436	0,431	0,426
110	0,421	0,416	0,412	0,407	0,402	0,397	0,393	0,388	0,384	0,379
120	0,375	0,371	0,367	0,362	0,358	0,354	0,350	0,346	0,342	0,338
130	0,335	0,331	0,327	0,324	0,320	0,317	0,313	0,310	0,306	0,303
140	0,300	0,296	0,293	0,290	0,287	0,284	0,281	0,278	0,275	0,272
150	0,269	0,266	0,263	0,261	0,258	0,255	0,253	0,250	0,248	0,245
160	0,243	0,240	0,238	0,235	0,233	0,231	0,228	0,226	0,224	0,222
170	0,219	0,217	0,215	0,213	0,211	0,209	0,207	0,205	0,203	0,201
180	0,199	0,197	0,196	0,194	0,192	0,190	0,188	0,187	0,185	0,182
190	0,182	0,180	0,178	0,177	0,175	0,174	0,172	0,170	0,169	0,167

Curba *C*-26 : $\varphi_C = \left(1{,}411 + \frac{10\,572}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(1{,}411 + \frac{10\,572}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{21\,115}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.11

Construcții civile, industriale și agricole			**Coeficienți de flambaj φ** Curba *A*-29 (STAS 10108/0-78)					Oțeluri cu R_c=29 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997
10	0,997	0,996	0,995	0,994	0,994	0,993	0,991	0,990	0,989	0,988
20	0,987	0,985	0,984	0,982	0,980	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971
30	0,969	0,966	0,964	0,961	0,959	0,956	0,953	0,950	0,947	0,944
40	0,941	0,938	0,934	0,931	0,927	0,923	0,919	0,915	0,911	0,906
50	0,902	0,897	0,892	0,888	0,882	0,877	0,872	0,866	0,861	0,855
60	0,849	0,843	0,837	0,830	0,824	0,817	0,811	0,804	0,797	0,789
70	0,782	0,775	0,767	0,760	0,752	0,744	0,737	0,729	0,721	0,713
80	0,705	0,697	0,689	0,681	0,672	0,664	0,656	0,648	0,640	0,632
90	0,624	0,616	0,608	0,600	0,592	0,584	0,577	0,569	0,561	0,554
100	0,546	0,539	0,532	0,524	0,517	0,510	0,503	0,496	0,490	0,483
110	0,476	0,470	0,464	0,457	0,451	0,445	0,439	0,433	0,427	0,421
120	0,416	0,410	0,405	0,399	0,394	0,389	0,384	0,379	0,374	0,369
130	0,364	0,359	0,355	0,350	0,346	0,341	0,337	0,333	0,329	0,325
140	0,320	0,317	0,313	0,309	0,305	0,301	0,298	0,294	0,290	0,287
150	0,284	0,280	0,277	0,274	0,270	0,267	0,264	0,261	0,258	0,255
160	0,252	0,249	0,247	0,244	0,241	0,238	0,236	0,233	0,231	0,228
170	0,226	0,223	0,221	0,218	0,216	0,214	0,212	0,209	0,207	0,205
180	0,203	0,201	0,199	0,197	0,195	0,193	0,191	0,189	0,187	0,185
190	0,183	0,181	0,180	0,178	0,176	0,174	0,173	0,171	0,170	0,168

Curba *A*-29 : $\varphi_A = \left(0{,}6465 + \frac{4\,495}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}6465 + \frac{4\,495}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{8\,890}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.12

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *B*-29 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_e=29 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,997	0,997	0,996
10	0,995	0,994	0,992	0,991	0,990	0,988	0,987	0,985	0,983	0,981
20	0,979	0,977	0,974	0,972	0,969	0,967	0,964	0,961	0,958	0,955
30	0,951	0,948	0,944	0,941	0,937	0,933	0,929	0,925	0,920	0,916
40	0,911	0,906	0,902	0,896	0,891	0,886	0,881	0,875	0,869	0,863
50	0,858	0,851	0,845	0,839	0,832	0,826	0,819	0,812	0,805	0,798
60	0,791	0,784	0,777	0,769	0,762	0,754	0,747	0,739	0,731	0,723
70	0,716	0,708	0,700	0,692	0,684	0,676	0,668	0,660	0,652	0,644
80	0,636	0,628	0,621	0,613	0,605	0,597	0,590	0,582	0,574	0,567
90	0,559	0,552	0,545	0,537	0,530	0,523	0,516	0,509	0,502	0,496
100	0,489	0,482	0,476	0,469	0,463	0,457	0,451	0,445	0,439	0,433
110	0,427	0,421	0,416	0,410	0,405	0,399	0,394	0,389	0,384	0,379
120	0,374	0,369	0,364	0,359	0,355	0,350	0,345	0,341	0,337	0,332
130	0,328	0,324	0,320	0,316	0,312	0,308	0,304	0,301	0,297	0,293
140	0,290	0,286	0,283	0,279	0,276	0,273	0,269	0,266	0,263	0,260
150	0,257	0,254	0,251	0,248	0,245	0,243	0,240	0,237	0,234	0,232
160	0,229	0,227	0,224	0,222	0,219	0,217	0,215	0,212	0,210	0,208
170	0,205	0,203	0,201	0,199	0,197	0,195	0,193	0,191	0,189	0,187
180	0,185	0,183	0,181	0,180	0,178	0,176	0,174	0,172	0,171	0,169
190	0,167	0,166	0,164	0,163	0,161	0,160	0,158	0,157	0,155	0,154

Curba *B*-29 : $\varphi_B = \left(0{,}7506 + \frac{4\,842}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}7506 + \frac{4\,842}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{9\,684}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.13

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *C*-29 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_e=29 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,998	0,998	0,997	0,995	0,994	0,992
10	0,990	0,988	0,986	0,984	0,981	0,979	0,976	0,973	0,969	0,966
20	0,962	0,958	0,954	0,950	0,946	0,942	0,937	0,932	0,927	0,922
30	0,917	0,912	0,906	0,901	0,895	0,889	0,883	0,877	0,871	0,864
40	0,858	0,851	0,845	0,838	0,831	0,824	0,817	0,810	0,803	0,796
50	0,789	0,781	0,774	0,767	0,759	0,752	0,744	0,737	0,729	0,722
60	0,714	0,707	0,699	0,692	0,684	0,677	0,669	0,662	0,654	0,647
70	0,639	0,632	0,625	0,617	0,610	0,603	0,596	0,589	0,582	0,575
80	0,568	0,561	0,554	0,547	0,541	0,534	0,528	0,521	0,515	0,508
90	0,502	0,496	0,490	0,484	0,478	0,472	0,466	0,460	0,455	0,449
100	0,444	0,438	0,433	0,427	0,422	0,417	0,412	0,407	0,402	0,397
110	0,392	0,387	0,383	0,378	0,373	0,369	0,364	0,360	0,356	0,351
120	0,347	0,343	0,339	0,335	0,331	0,327	0,323	0,320	0,316	0,312
130	0,309	0,305	0,302	0,298	0,295	0,291	0,288	0,285	0,282	0,278
140	0,275	0,272	0,269	0,266	0,263	0,260	0,257	0,255	0,252	0,249
150	0,247	0,244	0,241	0,239	0,236	0,234	0,231	0,229	0,226	0,224
160	0,222	0,219	0,217	0,215	0,213	0,211	0,208	0,206	0,204	0,202
170	0,200	0,198	0,196	0,194	0,192	0,190	0,189	0,187	0,185	0,183
180	0,181	0,180	0,178	0,176	0,175	0,173	0,171	0,170	0,168	0,167
190	0,165	0,164	0,162	0,161	0,159	0,158	0,156	0,155	0,153	0,152

Curba *C*-29 : $\varphi_C = \left(1{,}411 + \frac{9\,479}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(1{,}411 + \frac{9\,479}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{18\,957}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.14

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *A*-34 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_e=34 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997
10	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,990	0,989	0,987	0,986
20	0,984	0,982	0,981	0,979	0,977	0,975	0,973	0,970	0,968	0,965
30	0,963	0,960	0,957	0,954	0,951	0,948	0,944	0,941	0,937	0,933
40	0,929	0,925	0,921	0,917	0,912	0,908	0,903	0,898	0,893	0,887
50	0,882	0,876	0,870	0,864	0,858	0,852	0,845	0,839	0,832	0,825
60	0,817	0,810	0,803	0,795	0,787	0,779	0,771	0,763	0,755	0,747
70	0,738	0,730	0,721	0,713	0,704	0,695	0,686	0,678	0,669	0,660
80	0,651	0,642	0,634	0,625	0,616	0,608	0,599	0,591	0,582	0,574
90	0,565	0,557	0,549	0,541	0,533	0,525	0,518	0,510	0,502	0,495
100	0,488	0,481	0,474	0,467	0,460	0,453	0,446	0,440	0,433	0,427
110	0,421	0,415	0,409	0,403	0,397	0,391	0,386	0,380	0,375	0,370
120	0,364	0,359	0,354	0,349	0,345	0,340	0,335	0,331	0,326	0,322
130	0,317	0,313	0,309	0,305	0,301	0,297	0,293	0,289	0,286	0,282
140	0,278	0,275	0,271	0,268	0,264	0,261	0,258	0,255	0,252	0,248
150	0,245	0,242	0,240	0,237	0,234	0,321	0,228	0,226	0,223	0,220
160	0,218	0,215	0,213	0,210	0,208	0,206	0,203	0,201	0,199	0,197
170	0,195	0,192	0,190	0,188	0,186	0,184	0,182	0,180	0,178	0,177
180	0,175	0,173	0,171	0,169	0,168	0,166	0,164	0,162	0,161	0,159
190	0,158	0,156	0,154	0,153	0,151	0,150	0,149	0,147	0,146	0,144

Curba *A*-34 : $\varphi_A = \left(0{,}6465 + \frac{3\,834}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}6465 + \frac{3\,834}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{7\,668}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.15

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *B*-34 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_e=34 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997	0,996	0,995
10	0,994	0,993	0,991	0,990	0,988	0,986	0,984	0,982	0,980	0,978
20	0,975	0,973	0,970	0,967	0,964	0,961	0,957	0,954	0,950	0,947
30	0,943	0,939	0,934	0,930	0,925	0,921	0,916	0,911	0,906	0,900
40	0,895	0,889	0,883	0,877	0,871	0,865	0,859	0,852	0,845	0,838
50	0,831	0,824	0,817	0,810	0,802	0,794	0,787	0,779	0,771	0,763
60	0,754	0,746	0,738	0,729	0,721	0,713	0,704	0,695	0,687	0,678
70	0,670	0,661	0,652	0,644	0,635	0,627	0,618	0,610	0,601	0,593
80	0,585	0,577	0,568	0,560	0,552	0,544	0,537	0,529	0,521	0,514
90	0,506	0,499	0,491	0,484	0,177	0,470	0,463	0,457	0,450	0,443
100	0,437	0,431	0,424	0,418	0,112	0,406	0,400	0,395	0,389	0,383
110	0,378	0,373	0,367	0,362	0,357	0,352	0,347	0,342	0,338	0,333
120	0,328	0,324	0,320	0,315	0,311	0,307	0,303	0,299	0,295	0,291
130	0,287	0,283	0,380	0,276	0,272	0,269	0,265	0,262	0,259	0,256
140	0,252	0,249	0,246	0,243	0,240	0,237	0,234	0,231	0,229	0,226
150	0,223	0,220	0,218	0,215	0,213	0,210	0,208	0,205	0,203	0,201
160	0,199	0,196	0,194	0,192	0,190	0,188	0,186	0,184	0,182	0,180
170	0,178	0,176	0,174	0,172	0,170	0,168	0,167	0,165	0,163	0,161
180	0,160	0,158	0,156	0,155	0,153	0,152	0,150	0,149	0,147	0,146
190	0,144	0,143	0,141	0,140	0,139	0,137	0,136	0,135	0,133	0,132

Curba *B*-34 : $\varphi_B = \left(0{,}7506 + \frac{4\,130}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}7506 + \frac{4\,130}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{8\,260}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.16

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *C*-34 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=34 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,998	0,997	0,996	0,994	0,993	0,991
10	0,989	0,986	0,984	0,981	0,978	0,975	0,972	0,968	0,964	0,960
20	0,956	0,951	0,947	0,942	0,937	0,932	0,927	0,921	0,915	0,910
30	0,904	0,897	0,891	0,885	0,878	0,871	0,864	0,857	0,850	0,843
40	0,836	0,828	0,821	0,813	0,806	0,798	0,790	0,782	0,774	0,766
50	0,758	0,750	0,742	0,734	0,726	0,718	0,709	0,701	0,693	0,685
60	0,677	0,669	0,661	0,653	0,644	0,637	0,629	0,621	0,613	0,605
70	0,597	0,590	0,582	0,574	0,567	0,560	0,552	0,545	0,538	0,531
80	0,524	0,517	0,510	0,503	0,496	0,490	0,483	0,477	0,170	0,164
90	0,458	0,152	0,446	0,440	0,434	0,428	0,422	0,417	0,411	0,406
100	0,400	0,395	0,390	0,385	0,380	0,375	0,370	0,365	0,360	0,356
110	0,351	0,346	0,342	0,338	0,333	0,329	0,325	0,321	0,317	0,313
120	0,309	0,305	0,301	0,297	0,294	0,290	0,287	0,283	0,280	0,276
130	0,273	0,270	0,266	0,263	0,260	0,257	0,254	0,251	0,248	0,245
140	0,242	0,240	0,237	0,234	0,231	0,229	0,226	0,224	0,221	0,219
150	0,216	0,214	0,211	0,209	0,207	0,205	0,202	0,200	0,198	0,196
160	0,194	0,192	0,190	0,188	0,186	0,184	0,182	0,180	0,178	0,176
170	0,174	0,173	0,171	0,169	0,167	0,166	0,164	0,163	0,161	0,159
180	0,158	0,156	0,155	0,153	0,152	0,150	0,149	0,147	0,146	0,145
190	0,143	0,142	0,141	0,139	0,138	0,137	0,135	0,134	0,133	0,132

Curba *C*-34 : $\varphi_C = \left(1{,}411 + \frac{8\,085}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(1{,}411 + \frac{8\,085}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{16\,160}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.17

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *A*-36 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=36 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,999	0,998	0,997	0,997
10	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,989	0,988	0,986	0,985
20	0,983	0,981	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971	0,968	0,966	0,963
30	0,960	0,957	0,954	0,951	0,948	0,944	0,941	0,937	0,933	0,929
40	0,925	0,920	0,916	0,911	0,906	0,901	0,896	0,891	0,885	0,879
50	0,874	0,867	0,861	0,855	0,848	0,841	0,834	0,827	0,820	0,812
60	0,805	0,797	0,789	0,781	0,773	0,764	0,756	0,747	0,739	0,730
70	0,721	0,712	0,703	0,694	0,685	0,676	0,667	0,658	0,649	0,640
80	0,631	0,622	0,613	0,604	0,595	0,587	0,578	0,569	0,561	0,553
90	0,544	0,536	0,528	0,520	0 512	0,504	0,497	0,489	0,482	0,171
100	0,467	0,460	0,453	0,446	0,440	0,433	0,427	0,420	0,411	0,408
110	0,402	0,396	0,390	0,384	0,379	0,373	0,368	0,362	0,357	0,352
120	0,347	0,342	0,337	0,333	0,328	0,323	0,319	0,315	0,310	0,306
130	0,302	0,298	0,294	0,290	0,286	0,282	0,287	0,275	0,271	0,268
140	0,264	0,261	0,258	0,254	0,251	0,248	0,245	0,242	0,239	0,236
150	0,233	0,230	0,227	0,225	0,222	0,219	0,217	0,214	0,212	0,209
160	0,207	0,204	0,202	0,200	0,197	0,195	0,193	0,191	0,189	0,188
180	0,184	0,182	0,180	0,178	0,176	0,175	0,173	0,171	0,169	0,167
180	0,165	0,164	0,162	0,160	0,159	0,157	0,155	0,154	**0,**152	0,151
190	0,149	0,148	0,146	0,145	0,143	0,142	0,141	0,139	**0,**138	0,137

Curba *A*-36 : $\varphi_A = \left(0{,}6465 + \frac{3\,621}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}6465 + \frac{3\,621}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{7\,242}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.18

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *B*-36 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=36 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,998	0,997	0,996	0,995
10	0,994	0,992	0,991	0,989	0,987	0,985	0,983	0,981	0,979	0,976
20	0,974	0,971	0,968	0,965	0,962	0,958	0,955	0,951	0,947	0,943
30	0,939	0,935	0,930	0,926	0,921	0,916	0,911	0,905	0,900	0,894
40	0,888	0,882	0,876	0,870	0,863	0,857	0,850	0,843	0,836	0,828
50	0,821	0,813	0,806	0,798	0,790	0,782	0,774	0,765	0,757	0,749
60	0,740	0,731	0,723	0,714	0,705	0,696	0,688	0,679	0,670	0,661
70	0,652	0,643	0,635	0,626	0,617	0,608	0,600	0,591	0,583	0,574
80	0,566	0,558	0,549	0,541	0,533	0,525	0,517	0,510	0,502	0,495
90	0,487	0,480	0,473	0,465	0,459	0,452	0,445	0,438	0,432	0,425
100	0,419	0,413	0,407	0,401	0,395	0,389	0,383	0,377	0,372	0,367
110	0,361	0,356	0,351	0,346	0,341	0,336	0,331	0,327	0,322	0,318
120	0,313	0,309	0,305	0,300	0,296	0,292	0,288	0,284	0,281	0,277
130	0,273	0,270	0,266	0,263	0,259	0,256	0,252	0,249	0,246	0,243
140	0,240	0,237	0,234	0,231	0,228	0,225	0,223	0,220	0,217	0,215
150	0,212	0,209	0,207	0,204	0,202	0,200	0,197	0,195	0,193	0,191
160	0,188	0,186	0,184	0,182	0,180	0,178	0,176	0,174	0,172	0,170
170	0,168	0,167	0,165	0,163	0,161	0,160	0,158	0,156	0,155	0,153
180	0,151	0,150	0,148	0,147	0,145	0,144	0,142	0,141	0,139	0,138
190	0,137	0,135	0,134	0,133	0,131	0,130	0,129	0,128	0,126	0,125

Curba *B*-36 : $\varphi_B = \left(0{,}7506 + \frac{3\,900}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}7506 + \frac{3\,900}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{7\,801}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.19

Construcții civile industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *C*-36 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=36 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,998	0,997	0,996	0,994	0,992	0,990
10	0,988	0,986	0,983	0,980	0,977	0,973	0,970	0,966	0,962	0,958
20	0,953	0,949	0,944	0,939	0,934	0,928	0,922	0,917	0,911	0,904
30	0,898	0,892	0,885	0,878	0,871	0,864	0,857	0,850	0,842	0,835
40	0,827	0,819	0,812	0,804	0,796	0,788	0,779	0,771	0,763	0,755
50	0,746	0,738	0,730	0,721	0,713	0,705	0,696	0,688	0,679	0,671
60	0,663	0,654	0,646	0,638	0,630	0,622	0,614	0,605	0,598	0,590
70	0,582	0,574	0,566	0,559	0,551	0,544	0,536	0,529	0,522	0,515
80	0,508	0,501	0,494	0,487	0,480	0,474	0,467	0,461	0,454	0,448
90	0,442	0,436	0,430	0,424	0,418	0,413	0,407	0,401	0,396	0,391
100	0,385	0,380	0,375	0,370	0,365	0,360	0,355	0,351	0,346	0,341
110	0,337	0,332	0,328	0,324	0,320	0,315	0,311	0,307	0,303	0,299
120	0,296	0,292	0,288	0,285	0,281	0,278	0,274	0,271	0,267	0,264
130	0,261	0,258	0,254	0,251	0,248	0,245	0,242	0,240	0,237	0,234
140	0,231	0,229	0,226	0,223	0,221	0,218	0,216	0,213	0,211	0,208
150	0,206	0,204	0,201	0,199	0,197	0,195	0,193	0,191	0,189	0,186
160	0,184	0,182	0,181	0,179	0,177	0,175	0,173	0,171	0,169	0,168
170	0,166	0,164	0,163	0,161	0,159	0,158	0,156	0,155	0,153	0,151
180	0,150	0,148	0,147	0,146	0,144	0,143	0,141	0,140	0,139	0,137
190	0,136	0,135	0,134	0,132	0,131	0,130	0,129	0,127	0,126	0,125

Curba *C*-36 : $\varphi_C = \left(1{,}411 + \frac{7\,636}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(1{,}411 + \frac{7\,636}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{15\,267}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.20

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *A*-43 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=43 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,998	0,998	0,998	0,997	0,996
10	0,995	0,994	0,993	0,992	0,990	0,989	0,987	0,986	0,984	0,982
20	0,980	0,978	0,975	0,973	0,970	0,968	0,965	0,962	0,959	0,955
30	0,952	0,948	0,944	0,940	0,936	0,932	0,928	0,923	0,918	0,913
40	0,908	0,902	0,897	0,891	0,885	0,878	0,872	0,865	0,858	0,851
50	0,844	0,836	0,828	0,820	0,812	0,804	0,795	0,787	0,778	0,769
60	0,759	0,750	0,741	0,731	0,721	0,712	0,702	0,692	0,682	0,672
70	0,662	0,653	0,643	0,633	0,623	0,613	0,604	0,594	0,584	0,575
80	0,566	0,556	0,547	0,538	0,530	0,521	0,512	0,501	0,495	0,487
90	0,479	0,471	0,463	0,456	0,448	0,441	0,434	0,426	0,420	0,413
100	0,406	0,399	0,393	0,387	0,381	0,375	0,369	0,363	0,357	0,351
110	0,346	0,341	0,335	0,330	0,325	0,320	0,316	0,311	0,306	0,302
120	0,297	0,293	0,289	0,284	0,280	0,276	0,272	0,268	0,265	0,261
130	0,257	0,254	0,250	0,247	0,243	0,240	0,237	0,234	0,231	0,228
140	0,225	0,222	0,219	0,216	0,213	0,210	0,208	0,205	0,202	0,200
150	0,197	0,195	0,193	0,190	0,188	0,186	0,183	0,181	0,179	0,177
160	0,175	0,173	0,171	0,169	0,167	0,165	0,163	0,161	0,159	0,158
170	0,156	0,154	0,152	0,151	0,149	0,147	0,146	0,144	0,143	0,141
180	0,140	0,138	0,137	0,135	0,134	0,132	0,131	0,130	0,128	0,127
190	0,126	0,125	0,123	0,122	0,121	0,120	0,118	0,117	0,116	0,115

Curba *A*-43 : $\varphi_A = \left(0{,}6465 + \frac{3\,031}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}6465 + \frac{3\,031}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{6\,963}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.21

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *B*-43 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=43 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995	0,994
10	0,992	0,991	0,989	0,987	0,985	0,982	0,980	0,977	0,975	0,972
20	0,968	0,965	0,962	0,958	0,954	0,950	0,946	0,941	0,937	0,932
30	0,927	0,921	0,916	0,910	0,904	0,898	0,892	0,886	0,879	0,872
40	0,865	0,858	0,851	0,843	0,835	0,827	0,819	0,811	0,802	0,794
50	0,785	0,776	0,767	0,758	0,748	0,739	0,730	0,720	0,711	0,701
60	0,691	0,682	0,672	0,662	0,653	0,643	0,633	0,624	0,614	0,605
70	0,595	0,586	0,577	0,568	0,558	0,550	0,541	0,532	0,523	0,515
80	0,506	0,498	0,490	0,482	0,474	0,466	0,459	0,451	0,444	0,436
90	0,429	0,422	0,415	0,409	0,402	0,396	0,389	0,383	0,377	0,371
100	0,365	0,359	0,354	0,348	0,343	0,337	0,332	0,327	0,322	0,317
110	0,312	0,308	0,303	0,298	0,294	0,290	0,285	0,281	0,277	0,273
120	0,269	0,265	0,261	0,258	0,254	0,250	0,247	0,244	0,240	0,237
130	0,234	0,230	0,227	0,224	0,221	0,218	0,215	0,213	0,210	0,207
140	0,204	0,202	0,199	0,197	0,194	0,192	0,189	0,187	0,185	0,182
150	0,180	0,178	0,176	0,174	0,172	0,170	0,168	0,166	0,161	0,162
160	0,160	0,158	0,156	0,154	0,153	0,151	0,149	0,147	0,146	0,144
170	0,143	0,141	0,140	0,138	0,136	0,135	0,134	0,132	0,131	0,129
180	0,129	0,127	0,125	0,124	0,123	0,122	0,120	0,119	0,118	0,117
190	0,115	0,114	0,113	0,112	0,111	0,110	0,109	0,108	0,107	0,106

Curba *B*-43 : $\varphi_B = \left(0{,}7506 + \frac{3\,266}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}7506 + \frac{3\,266}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{6\,531}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.22

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *A*-47 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=47 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,997	0,997	0,996
10	0,995	0,994	0,992	0,991	0,989	0,988	0,986	0,984	0,982	0,980
20	0,978	0,975	0,973	0,970	0,967	0,964	0,961	0,958	0,954	0,951
30	0,947	0,943	0,939	0,934	0,930	0,925	0,920	0,915	0,909	0,904
40	0,898	0,892	0,885	0,879	0,872	0,865	0,858	0,850	0,842	0,834
50	0,826	0,818	0,809	0,800	0,791	0,782	0,773	0,763	0,753	0,744
60	0,734	0,724	0,713	0,703	0,693	0,683	0,672	0,662	0,652	0,641
70	0,631	0,621	0,611	0,600	0,590	0,581	0,571	0,561	0,551	0,542
80	0,533	0,524	0,514	0,506	0,497	0,488	0,480	0,471	0,463	0,455
90	0,447	0,440	0,432	0,425	0,418	0,411	0,404	0,397	0,390	0,384
100	0,377	0,371	0,365	0,359	0,353	0,347	0,342	0,336	0,331	0,325
110	0,320	0,315	0,310	0,306	0,301	0,296	0,292	0,287	0,283	0,279
120	0,274	0,270	0,266	0,262	0,259	0,255	0,251	0,248	0,244	0,241
130	0,237	0,234	0,231	0,227	0,224	0,221	0,218	0,215	0,212	0,209
140	0,207	0,204	0,201	0,199	0,196	0,194	0,191	0,189	0,186	0,184
150	0,182	0,179	0,177	0,175	0,173	0,171	0,169	0,167	0,165	0,163
160	0,161	0,159	0,157	0,155	0,153	0,151	0,150	0,148	0,146	0,145
170	0,143	0,141	0,140	0,138	0,137	0,135	0,134	0,132	0,131	0,130
180	0,128	0,127	0,125	0,124	0,123	0,122	0,120	0,119	0,118	0,117
190	0,115	0,114	0,113	0,112	0,111	0,110	0,109	0,108	0,107	0,106

Curba *A*-47 : $\varphi_A = \left(0{,}6465 + \frac{2\,773}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}6465 + \frac{2\,773}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{5\,546}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.23

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienți de flambaj φ Curba *B*-47 (STAS 10108/0-78)							Oțeluri cu R_c=47 daN/mm²		
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995	0,993
10	0,992	0,990	0,988	0,986	0,983	0,981	0,978	0,975	0,972	0,969
20	0,965	0,962	0,958	0,954	0,950	0,945	0,940	0,935	0,930	0,925
30	0,919	0,914	0,908	0,901	0,895	0,888	0,882	0,874	0,867	0,860
40	0,852	0,844	0,836	0,827	0,819	0,810	0,801	0,792	0,783	0,774
50	0,764	0,755	0,745	0,735	0,725	0,715	0,705	0,695	0,685	0,675
60	0,665	0,655	0,645	0,635	0,625	0,615	0,605	0,595	0,585	0,576
70	0,566	0,556	0,547	0,538	0,529	0,520	0,511	0,502	0,494	0,485
80	0,477	0,469	0,461	0,453	0,445	0,437	0,430	0,423	0,415	0,408
90	0,401	0,395	0,388	0,382	0,375	0,369	0,363	0,357	0,351	0,345
100	0,340	0,334	0,329	0,324	0,318	0,313	0,308	0,304	0,299	0,294
110	0,290	0,285	0,281	0,276	0,272	0,268	0,264	0,260	0,256	0,253
120	0,249	0,245	0,242	0,238	0,235	0,231	0,228	0,225	0,222	0,219
130	0,216	0,213	0,210	0,207	0,204	0,201	0,199	0,196	0,194	0,191
140	0,188	0,186	0,184	0,181	0,179	0,177	0,174	0,172	0,170	0,168
150	0,166	0,164	0,162	0,160	0,158	0,156	0,154	0,152	0,151	0,149
160	0,147	0,145	0,144	0,142	0,140	0,139	0,137	0,136	0,134	0,133
170	0,131	0,130	0,128	0,127	0,125	0,124	0,123	0,121	0,120	0,119
180	0,118	0,116	0,115	0,114	0,113	0,112	0,110	0,109	0,108	0,107
190	0,106	0,105	0,104	0,103	0,102	0,101	0,100	0,099	0,098	0,097

Curba *B*-47 : $\varphi_B = \left(0{,}7506 + \frac{2\,988}{\lambda^2}\right) - \sqrt{\left(0{,}7506 + \frac{2\,988}{\lambda^2}\right)^2 - \frac{5\,975}{\lambda^2}}$

Tabelul 4.24

Poduri metalice și construcții metalice hidrotehnice	Coeficienți de flambaj φ pentru OL 37, grupa de secțiuni a										Conform STAS 1911-75
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	k *
0	1,000	0,995	0,991	0,986	0,982	0,977	0,973	0,969	0,965	0,960	1,0000
10	0,956	0,952	0,948	0,943	0,939	0,935	0,931	0,927	0,922	0,918	1,0017
20	0,914	0,910	0,906	0,902	0,898	0,894	0,890	0 886	0 882	0,878	1,0052
30	0,873	0,869	0,865	0,861	0,857	0,853	0,849	0,845	0,811	0,837	1,0049
40	0,834	0,830	0,826	0,822	0,818	0,814	0,810	0,806	0,802	0,798	1,0070
50	0,791	0,790	0,786	0,782	0,779	0,775	0,771	0,767	0,763	0,759	1,0092
60	0,755	0,751	0,747	0,743	0,739	0,735	0,732	0,728	0,724	0,720	1,0122
70	0 716	0,712	0,708	0,704	0,700	0,696	0,691	0,687	0,683	0,679	1,0154
80	0,675	0,671	0,667	0,662	0,658	0,653	0,649	0,645	0,640	0,635	1,0200
90	0,631	0,626	0,621	0,616	0,611	0,606	0,601	0,595	0,589	0,583	1,0267
100	0,577	0,570	0,563	0,555	0,546	0,543	0,524	0,514	0,505	0,495	1,0425 **
110	0,487	0,478	0,469	0,461	0,455	0,445	0,438	0,430	0,423	0,416	
120	0,409	0,402	0,396	0,389	0,383	0,377	0,371	0,365	0,359	0,354	
130	0,348	0,343	0,338	0,333	0,328	0,323	0,318	0,314	0,309	0,305	
140	0,300	0,296	0,292	0,288	0,284	0,280	0,276	0,272	0,269	0,265	
150	0,262	0,258	0,254	0,251	0,248	0,245	0,242	0,239	0,236	0,233	1,0909
160	0,230	0,227	0,224	0,221	0,219	0,216	0,214	0,211	0,209	0,206	
170	0,204	0,201	0,199	0,197	0,191	0,192	0,190	0,188	0,186	0,184	
180	0,182	0,180	0,178	0,176	0,174	0,172	0,170	0,168	0,166	0,165	
190	0,163	0,161	0,160	0,158	0,156	0,155	0,153	0,152	0,150	0,143	

* Pentru OL 37 clasele 1 și 2, φ se calculează cu valorile din acest tabel multiplicate cu k.
** Această valoare este valabilă pentru λ=100 . . . 104
Pentru λ=105 ; k=1,0733. Pentru λ=106 ; k=1,0811
Pentru λ=107 . . . 109 ; k=1,0900

Tabelul 4.25

Poduri metalice și construcții metalice hidrotehnice	Coeficienți de flambaj φ pentru OL 37, grupa de secțiuni b										Conform STAS 1911-75
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	k *
0	1,000	0,994	0,989	0,983	0,977	0,972	0,966	0,960	0,955	0,950	1,0000
10	0,945	0,939	0,934	0,929	0,924	0,919	0,914	0,908	0,903	0,898	1,0020
20	0,893	0,888	0,883	0,879	0,874	0,869	0,864	0,859	0,854	0,850	1,0043
30	0,845	0,840	0,836	0,833	0,826	0,822	0,821	0,813	0,808	0,804	1,0063
40	0,799	0,794	0,790	0,786	0,781	0,777	0,772	0,768	0,764	0,759	1,0087
50	0,755	0,751	0,746	0,742	0,738	0,734	0,729	0,725	0,721	0,717	1,0114
60	0,712	0,708	0,704	0,700	0,695	0,691	0,687	0,683	0,679	0,614	1,0143
70	0,670	0,666	0,662	0,658	0,653	0,649	0,647	0,641	0,636	0,632	1,0179
80	0,628	0,624	0,619	0,615	0,610	0,606	0,601	0,597	0,592	0,588	1,0226
90	0,583	0,579	0,574	0,569	0,564	0,559	0,553	0,548	0,542	0,537	1,0297
100	0,531	0,524	0,517	0,509	0,501	0,490	0,430	0,471	0,463	0,454	1,0456 **
110	0,446	0,438	0,430	0,423	0,416	0,408	0,401	0,394	0,388	0,381	
120	0,375	0,369	0,363	0,357	0,351	0,345	0,340	0,335	0,329	0,324	
130	0,319	0,314	0,310	0,305	0,301	0,296	0,292	0,287	0,283	0,279	
140	0,275	0,271	0,268	0,264	0,260	0,257	0,253	0,250	0,216	0,243	
150	0,240	0,237	0,234	0,231	0,228	0,225	0,222	0,219	0,216	0,213	1,0909
160	0,211	0,208	0,206	0,203	0,201	0,198	0,196	0,193	0,191	0,189	
170	0,187	0,185	0,182	0,180	0,178	0,176	0,174	0,172	0,170	0,168	
180	0,167	0,165	0,163	0,161	0,159	0,158	0,156	0,154	0,153	0,151	
190	0,149	0,148	0,146	0,145	0,143	0,142	0,140	0,139	0,138	0,136	

* Pentru OL 37 clasele 1 și 2, φ se calculează cu valorile din acest tabel multiplicate cu k.
** Această valoare este valabilă pentru λ=100 . . . 104
Pentru λ=105 ; k=1,0766. Pentru λ=106 ; k=1,0506
Pentru λ=107 . . . 109 ; k=1,090.

Tabelul 4.26

Poduri metalice și construcții metalice hidrotehnice	Coeficienți de flambaj φ pentru OL 44, grupa de secțiuni a									Conform STAS 1911-75
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.000	0,995	0,990	0,985	0,980	0,976	0,971	0,966	0,961	0,957
10	0,952	0,947	0,942	0,938	0,933	0,929	0,924	0,919	0,915	0,910
20	0,906	0,901	0,897	0,892	0,888	0,883	0,879	0,874	0,870	0,865
30	0,861	0,857	0,852	0,848	0,843	0,839	0,835	0,830	0,826	0,821
40	0,817	0,813	0,809	0,804	0,800	0,796	0,791	0,787	0,783	0,778
50	0,774	0,770	0,766	0,761	0,757	0,753	0,748	0,744	0,740	0,735
60	0,731	0,727	0,722	0,718	0,714	0,709	0,705	0,700	0,696	0,691
70	0,687	0,682	0,678	0,673	0,669	0,665	0,569	0,654	0,650	0,645
80	0,640	0,635	0,630	0,624	0,619	0,614	0,608	0,602	0,596	0,590
90	0,583	0,576	0,569	0,561	0,551	0,540	0,529	0,518	0,507	0,497
100	0,487	0,478	0,468	0,459	0,450	0,442	0,434	0,426	0,418	0,410
110	0,403	0,395	0,388	0,382	0,375	0,368	0,362	0,356	0,350	0,344
120	0,338	0,333	0,327	0,322	0,317	0,312	0,307	0,302	0,297	0,293
130	0,288	0,284	0,280	0,275	0,271	0,267	0,263	0,260	0,256	0,252
140	0,249	0,245	0,242	0,238	0,235	0,232	0,228	0,225	0,222	0,219
150	0,216	0,214	0,211	0,208	0,205	0,203	0,200	0,198	0,195	0,195
160	0,190	0,188	0,186	0,183	0,181	0,170	0,177	0,175	0,173	0,171
170	0,169	0,167	0,165	0,163	0,161	0,159	0,157	0,155	0,154	0,152
180	0,150	0,149	0,117	0,145	0,141	0,112	0,141	0,139	0,138	0,135
190	0,135	0,134	0,132	1,131	0,130	0,128	0,127	0,125	0,124	0,123

Tabelul 4.27

Poduri metalice și construcții metalice hidrotehnice	Coeficienți de flambaj φ pentru OL 44, grupa de secțiuni b									Conform STAS 1911-75
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	0,991	0,987	0,981	0,975	0,960	0,963	0,957	0,951	0,945
10	0,939	0,933	0,928	0,922	0,916	0,911	0,905	0,899	0,894	0,888
20	0,883	0,878	0,872	0,867	0,862	0,856	0,851	0,846	0,841	0,836
30	0,830	0,825	0,820	0,815	0,810	0,805	0,801	0,705	0,790	0,785
40	0,781	0,776	0,771	0,766	0,761	0,756	0,752	0,747	0,742	0,738
50	0,733	0,728	0,724	0,719	0,714	0,710	0,705	0,700	0,696	0,691
60	0,686	0,682	0,677	0,673	0,668	0,663	0,650	0,654	0,649	0,645
70	0,640	0,635	0,631	0,626	0,621	0,616	0,612	0,607	0,602	0,597
80	0,592	0,587	0,582	0,577	0,571	0,566	0,560	0,555	0,549	0,543
90	0,536	0,530	0,522	0,515	0,506	0,494	0,485	0,475	0,465	0,456
100	0,447	0,438	0,429	0,421	0,413	0,405	0,397	0,390	0,383	0,376
110	0,369	0,362	0,356	0,350	0,344	0,338	0,332	0,326	0,321	0,315
120	0,310	0,305	0,300	0,295	0,290	0,286	0,281	0,277	0,273	0,268
130	0,264	0,260	0,256	0,252	0,249	0,245	0,241	0,238	0,234	0,231
140	0,228	0,225	0,221	0,218	0,215	0,212	0,209	0,207	0,204	0,201
150	0,198	0,196	0,193	0,191	0,188	0,186	0,183	0,181	0,179	0,177
160	0,174	0,172	0,170	0,168	0,166	0,164	0,162	0,160	0,158	0,153
170	0,151	0,153	0,151	0,149	0,147	0,146	0,144	0,142	0,141	0,139
180	0,138	0,136	0,135	0,133	0,132	0,130	0,129	0,128	0,126	0,125
190	0,121	0,122	0,121	0,120	0,118	0,117	0,116	0,115	0,111	0,113

Tabelul 4.28

Poduri metalice și construcții metalice hidrotehnice	Coeficienți de flambaj φ pentru OL 52, grupa de secțiuni a								Conform STAS 1911-75
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	0,994	0,989	0,983	0,978	0,973	0,967	0,967	0,957	0,952
10	0,946	0,941	0,936	0,931	0,926	0,920	0,915	0,910	0,905	0,900
20	0,895	0,890	0,885	0,880	0,875	0,871	0,866	0,861	0,856	0,851
30	0,846	0,841	0,836	0,832	0,827	0,822	0,817	0,813	0,808	0,803
40	0,798	0,794	0,789	0,784	0,779	0,775	0,770	0,765	0,760	0,756
50	0,751	0,746	0,742	0,737	0,732	0,727	0,722	0,718	0,713	0,708
60	0,703	0,698	0,693	0,688	0,684	0,678	0,673	0,668	0,663	0,658
70	0,653	0,647	0,642	0,636	0,631	0,625	0,619	0,613	0,606	0,600
80	0,593	0,585	0,577	0,568	0,557	0,543	0,531	0,519	0,507	0,495
90	0,485	0,474	0,464	0,454	0,444	0,435	0,426	0,417	0,409	0,400
100	0,392	0,385	0,377	0,370	0,363	0,356	0,349	0,43	0,336	0,330
110	0,324	0,319	0,313	0,307	0,302	0,297	0,292	0,287	0,282	0,277
120	0,272	0,268	0 264	0,259	0,255	0,251	0,247	0,243	0,239	0,236
130	0,232	0,229	0,225	0,222	0,218	0,215	0,212	0,209	0,206	0,203
140	0,200	0,197	0,195	0,192	0,189	0,187	0,184	0,182	0,179	0,177
150	0,174	0,172	0,170	0,168	0,165	0,163	0,161	0,159	0,157	0,155
160	0,153	0,151	0,149	0,148	0,146	0,144	0,142	0,141	0,139	0,137
170	0,136	0,134	0,133	0,131	0,130	0,128	0,127	0,125	0,124	0,122
180	0,121	0,120	0,118	0,117	0,116	0,115	0,113	0,112	0,111	0,110
190	0,109	0,107	0 106	0,105	0,104	0,103	0,102	0,101	0,100	0,0991

Tabelul 4.29

Poduri metalice și construcții metalice hidrotehnice	Coeficienți de flambaj φ pentru OL 52, grupa de secțiuni b								Conform STAS 1911-75
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	0,993	0,986	0,979	0,972	0,966	0,959	0,952	0,945	0,930
10	0,933	0,926	0,920	0,913	0,907	0,901	0,895	0,889	0,883	0,877
20	0,871	0,865	0,859	0,853	0,847	0,841	0,836	0,830	0,824	0,810
30	0,813	0,808	0,802	0,797	0,791	0,786	0,780	0,775	0,770	0,765
40	0,759	0,754	0,749	0,743	0,738	0,733	0,728	0,723	0,718	0,713
50	0,708	0,703	0,697	0,692	0,687	0,682	0,677	0,672	0,667	0,662
60	0,657	0,652	0,646	0,640	0,636	0,631	0,626	0,621	0,615	0,610
70	0,605	0,599	0,594	0,588	0,583	0,557	0,571	0,565	0,558	0,552
80	0,545	0,538	0,530	0,521	0,511	0,498	0,485	0,475	0,465	0,454
90	0,444	0,434	0,425	0,416	0,107	0,399	0,390	0,382	0,375	0,367
100	0,360	0,353	0,316	0,339	0,333	0,326	0,320	0,314	0,308	0,303
110	0,297	0,292	0,287	0,282	0,278	0,272	0,267	0,263	0,258	0,254
120	0,250	0,246	0,242	0,238	0,234	0,230	0,227	0,223	0,220	0,216
130	0,213	0,210	0,206	0,203	0 200	0,197	0,191	0,192	0,189	0,186
140	0,183	0,181	0,178	0,176	0,173	0,171	0,169	0,166	0,164	0,162
150	0,160	0,158	0,156	0,154	0,152	0,150	0,118	0,146	0,111	0,142
160	0,140	0,139	0,137	0,135	0,134	0,132	0,130	0,129	0,127	0,126
170	0,124	0,123	0,122	0,120	0,119	0,117	0,116	0,115	0,111	0,112
180	0,111	0,110	0,109	0,107	0,106	0,105	0,101	0,103	0,102	0,101
190	0,0997	0,0986	0,0976	0,0966	0,0956	0,0916	0,0936	0,0927	0,0918	0,0908

— În cazul construcțiilor metalice hidrotehnice și a podurilor

$$A_{nec} = \frac{N}{\varphi \sigma_a} \tag{4.3}$$

unde : N este efortul de compresiune calculat din încărcările normate în cele trei grupări de încărcări (fundamentale, suplimentare și extraordinare) ;

σ_a — rezistența admisă corespunzătoare calității oțelului și grupării respective de încărcare (dată în cap. 2) ;

φ — coeficientul de flambaj și rezultă din tabelele 4.24 — 4.29.

Deoarece coeficientul de flambaj depinde și de forma și mărimea secțiunii transversale (exprimate prin raza de girație), înseamnă că determinarea secțiunii nu se poate face direct din relația (4.1) respectiv (4.3), ci numai prin încercări succesive.

În literatura de specialitate sînt cunoscute mai multe metode aproximative cu ajutorul cărora se poate determina cu o bună aproximație secțiunea necesară a barei comprimate pentru o formă a secțiunii bine stabilită. (Metoda coeficientului de profil K, metoda razelor de girație aproximative, metoda λ_0 etc.).

Metoda coeficientului de profil se bazează pe constatarea experimentală că raportul $A^2/I = K$, numit coeficient de profil, este aproximativ constant pentru o anumită formă a secțiunii și nu depinde de mărimea ei.

Din relațiile (4.1) respectiv (4.3) rezultă :

$$\xi = \frac{\lambda}{\sqrt{\varphi}} = \sqrt{\frac{K l_f^2 R}{N}} \tag{4.4}$$

respectiv

$$\xi = \frac{\lambda}{\sqrt{\varphi}} = \sqrt{\frac{K l_f^2 \sigma_a}{N}}, \tag{4.5}$$

Valoarea coeficientului de profil K rezultă din tabelul 4.30. Cu această valoare precizată se calculează partea dreaptă a relației (4.4) respectiv (4.5) și în funcție de ξ se determină din tabelele 4.31 — 4.34 coeficientul de zvelțețe corespunzător și în funcție de acesta coeficientul de flambaj φ.

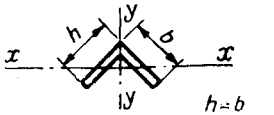
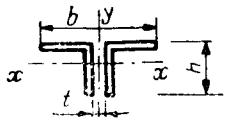
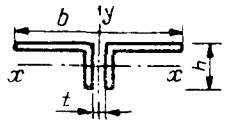
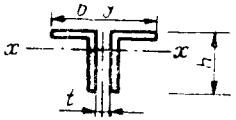
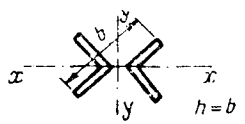
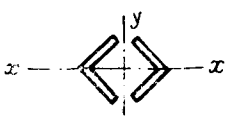
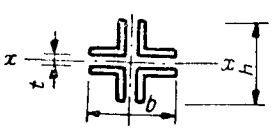
Metoda razelor de girație aproximative se bazează pe constatarea că pentru o anumită formă de secțiune există rapoarte cu valori aproximativ constante între înălțimea h respectiv lățimea b a secțiunii și razele de girație i_x respectiv i_y:

$$\alpha_x = \frac{i_x}{h} \quad \text{și} \quad \alpha_y = \frac{i_y}{b}. \tag{4.6}$$

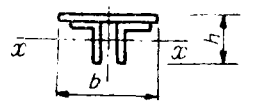
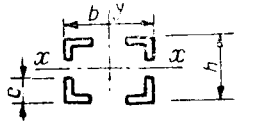
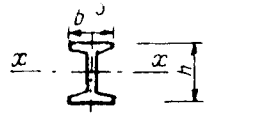
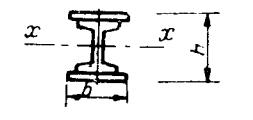
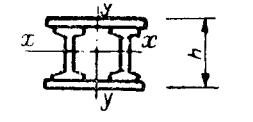
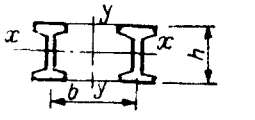
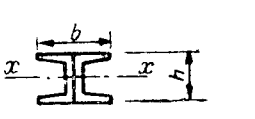
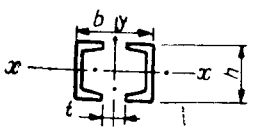
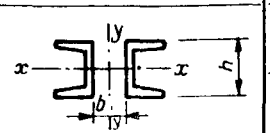
În tabelul 4.30 sînt date pentru diferitele tipuri de secțiuni valorile rapoartelor α_x și α_y.

Tabelul 4.30

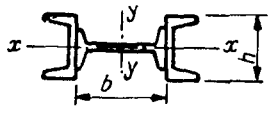
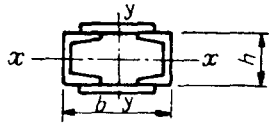
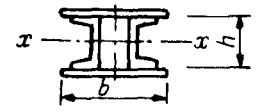
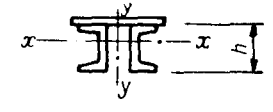
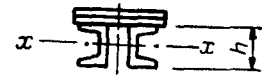
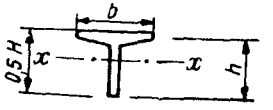
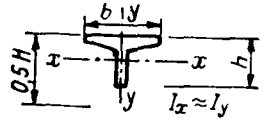
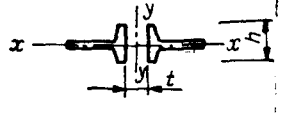
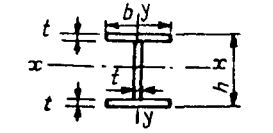
Coeficienții de profil K și coeficienții razelor de girație α_x și α_y

Nr. crt.	Secțiunea	Coeficienții de profil				Coeficienții razelor de girație		
		Axa $x-x$		Axa $y-y$		Axa x-x	Axa $y-y$	
		Precizări	$K_x=\frac{A^2}{I_x}$	Precizări	$K_y=\frac{A^2}{I_y}$	$\alpha_x=\frac{i_x}{h}$	Precizări	$\alpha_y=\frac{i_y}{b}$
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1			5,50		—	0,200		0,200
2			4,60	t: 8	2,10	0,300		0,200
				10	2,00			
				12	1,90			
				15	1,80			
3		$h:0,5\,b$ 1 : 2	0,80	$h:0,5\,b$ 1 : 2	0,80	0,280		0,240
		2 : 3	1,00	2 : 3	1,00			
4		$h:2\,b$ 1 : 2	5,50	$h:2\,b$ 1 : 2	5,50	0,320		0,200
		2 : 3	3,40	2 : 3	3,40			
5			2,90		—	0,185		0,185
6			2,90		—	—		—
7		t: 8	4,20	t: 8	4,20	0,210		0,210
		10	4,00	10	4,00			
		12	3,80	12	3,80			
		15	3,60	15	3,60			

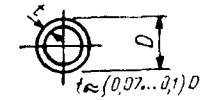
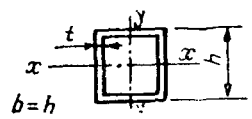
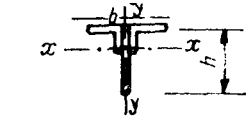
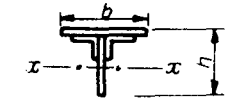
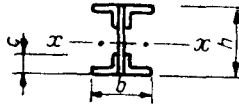
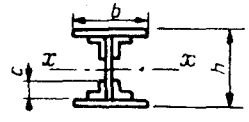
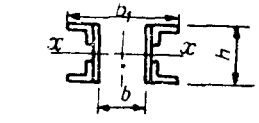
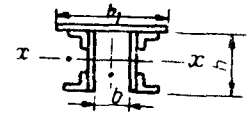
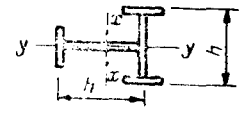
Tabelul 4.30 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
8			7,35		—	0,320		0,320
9		$h=3\,c$	0,550	$h=3\,c$	0,550	0,430		0,430
		$h=4\,c$	0,300	$h=4\,c$	0,300			
10		$h\leqslant 20$	0,580	$h\leqslant 30$	9,650	0,400		0,208
		$h>20$	0,480	$h>30$	11,000			
11					6,00	0,117		0,222
12			1,50		—	0,440		0,380
13		$h\leqslant 20$	0,580		—	0,400		0,512
		$h>20$	0,480					
14		$h<20$	1,200	$h<20$	6,700	0,386		0,200
		$h\geqslant 20$	1,000	$h\geqslant 20$	7,600			
15		$h<20$	1,200	$t=0$	1,90	0,386		0,455
		$h\geqslant 20$	1,000					
16		$h<20$	1,200	$I_y>1,1\,I_x$	—	0,386	$h<20$	0,750
		$h\geqslant 20$	1,000				$h\geqslant 20$	0,670

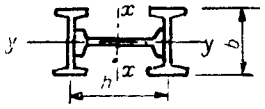
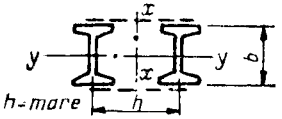
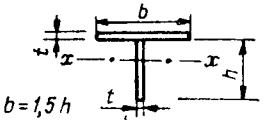
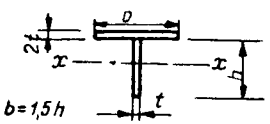
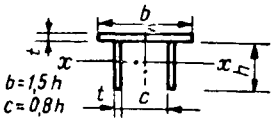
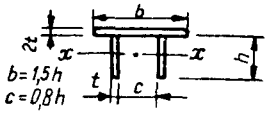
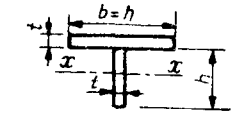
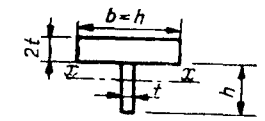
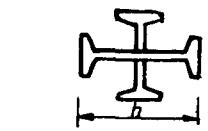
Tabelul 4.30 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
17			2,10		—	0,320		0,580
18		$h \leqslant 20$	1,750	$h < 20$	1,800	0,440		0,380
		$h \geqslant 20$	1,200	$h \geqslant 20$	1,200			
19		$I_y \geqslant 1{,}1 I_x$	1,90		—	0,450		0,320
20			1,55		—	0,390		0,320
21			2,30		—	0,395		0,330
22		$h \leqslant 15$	1,840	$h < 15$	4,830	0,297		0,208
		$h \geqslant 15$	1,550	$h \geqslant 15$	5,500			
23			3,800		3,800	0,278		0,278
24			—		4,20			
25			0,435		1,400	0,40 — — 0,45		0,22 — — 0,26

Tabelul 4.30 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
26			$28 \frac{t}{D}$		$28 \frac{t}{D}$	$i_x = 0{,}35\, D_m$ $D_m = D - t$		
27			$26 \frac{t}{h}$		$26 \frac{t}{h}$	0,410	h, b medii	0,410
28		L80×80×8 ... L130×130×12 In inna: 250×8... 600×12 mm	8,65			0,310		0,180
29		Idem pct.28	5,75			0,260		0,210
30				$h = 3\,c$	8,000	0,400	$h \leqslant 500$	0,170
				$h = 4\,c$	9,000		$h \geqslant 500$	0,150
31				$h = 3\,c$	5,500	0,450		0,240
				$h = 4\,c$	7,000			
32		$I_y > 1{,}1 I_x$	0,700			0,370	b	0,540
							b_1	0,320
33		$I_y > 1{,}1 I_x$	1,100			0,400	b	0,530
							b_1	0,340
34						0,480		0,320

Tabelul 4.30 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
35						0,190		0,320
36			1,000			0,500		0,390
37					$23\frac{t}{h}$	0,300		0,220
38			—		$29\frac{t}{h}$	0,320		0,230
39			—		$20\frac{t}{h}$	0,360		0,280
40			—		$28\frac{t}{h}$	0,330		0,280
41					$48\frac{t}{h}$	0,330		0,210
42					$51\frac{t}{h}$	0,310		0,240
43		$h \leqslant 20$ $h > 20$	2,1 1,9					

Tabelul 4.31

Construcții civile, industriale și agricole	Valorile coeficienților de zvelțețe în funcție de coeficienții ξ_A, ξ_B, ξ_C și calitatea oțelului R_c (daN/mm²)									$\xi = \frac{\lambda}{\sqrt{\varphi}}$
λ	$R_c = 23$			$R_c = 24$			$R_c = 26$			λ
	ξ_A	ξ_B	ξ_C	ξ_A	ξ_B	ξ_C	ξ_A	ξ_B	ξ_C	
20	20,1	20,2	20,3	20,1	20,2	20,3	20,1	20,2	20,3	20
25	25,2	25,3	25,6	25,2	25,4	25,6	25,2	25,4	25,7	25
30	30,4	30,6	31,0	30,4	30,6	31,1	30,4	30,7	31,2	30
35	35,6	36,0	36,7	35,6	36,0	36,8	35,7	36,1	36,9	35
40	41,0	41,5	42,5	41,0	41,5	42,6	41,1	41,7	42,9	40
45	46,4	47,1	48,6	46,6	47,3	48,8	46,6	47,5	49,1	45
50	52,0	53,0	55,0	52,1	53,2	55,2	52,3	53,5	55,6	50
55	57,8	59,2	61,6	57,9	59,4	62,0	58,3	59,8	62,6	55
60	63,8	65,6	68,7	64,0	65,9	69,1	64,4	66,5	69,8	60
65	70,0	72,4	76,1	70,3	72,8	76,6	70,9	73,6	77,6	65
70	76,6	79,6	83,8	77,0	80,1	84,5	77,8	81,2	85,7	70
75	83,6	87,1	92,1	84,1	87,8	92,9	85,2	89,1	94,3	75
80	91,0	95,2	100,8	91,6	96,1	101,7	93,1	97,7	103,5	80
85	98,9	103,8	109,9	99,7	104,9	110,9	101,5	106,9	113,1	85
90	107,3	112,9	119,5	108,3	114,2	120,8	110,5	116,6	123,3	90
95	116,2	122,6	129,6	117,6	124,1	131,1	120,3	126,9	133,9	95
100	125,9	132,9	140,3	127,4	134,6	142,0	130,5	138,0	145,2	100
105	136,0	143,7	151,4	137,8	145,7	153,3	141,5	149,5	157,0	105
110	146,7	155,1	163,1	148,9	157,8	165,3	153,1	161,8	169,5	110
115	158,1	167,2	175,4	160,6	169,7	177,7	165,3	174,8	182,5	115
120	170,2	179,9	188,1	172,8	182,8	190,7	178,3	188,1	196,0	120
125	182,7	193,1	201,2	185,7	196,2	204,1	191,7	202,2	210,1	125
130	196,0	206,8	215,2	199,2	210,3	218,2	205,8	217,0	224,6	130
135	209,6	221,3	229,5	213,2	225,0	232,9	220,5	232,6	239,8	135
140	223,9	236,3	244,5	228,0	240,5	248,3	236,0	248,3	255,6	140
145	239,0	251,7	259,6	243,4	256,3	263,9	251,7	256,2	272,1	145
150	254,3	267,7	257,7	259,2	273,0	280,0	268,5	282,0	289,2	150

Observație. Coeficienții ξ_A, ξ_B, ξ_C se determină cu relația (4.4), iar pentru valorile lui λ corespunzătoare, din tabelele 4.2—4.23 se scot coeficienții de flambaj.

Tabelul 4.32

Construcții civile, industriale și agricole	Valorile coeficienților de zvelțețe în funcție de coeficienții ξ_A, ξ_B, ξ_C și calitatea oțelului R_c (daN/mm²)									$\xi = \frac{\lambda}{\sqrt{\varphi}}$
λ	$R_c = 29$			$R_c = 34$			$R_c = 36$			λ
	ξ_A	ξ_B	ξ_C	ξ_A	ξ_B	ξ_C	ξ_A	ξ_B	ξ_C	
20	20,1	20,2	20,4	20,1	20,3	20,5	20,2	20,3	20,5	20
25	25,3	25,4	25,8	25,3	25,5	25,9	25,3	25,3	26,0	25
30	30,5	30,8	31,3	30,6	30,9	31,6	30,6	31,0	31,7	30
35	35,8	36,2	37,1	35,9	36,5	37,5	36,0	36,5	37,7	35
40	41,2	41,9	43,2	41,5	42,3	43,7	41,6	42,4	44,0	40
45	46,8	47,8	49,6	47,2	48,4	50,4	47,4	48,6	50,7	45
50	52,6	54,0	56,3	53,2	54,8	57,4	53,5	55,2	57,9	50
55	58,7	60,5	63,4	59,6	61,7	64,9	60,0	62,2	65,5	55
60	65,1	67,5	71,0	66,4	69,1	72,9	66,9	69,7	73,7	60
65	71,9	74,9	79,0	73,6	77,0	81,4	74,4	77,9	82,4	65

Tabelul 4.32 (continuare)

λ	R_e=29			R_e=34			R_e=36			λ
	ξ_A	ξ_B	ξ_C	ξ_A	ξ_B	ξ_C	ξ_A	ξ_B	ξ_C	
70	79,2	82,7	87,6	81,5	85,5	90,6	82,4	86,7	91,8	70
75	87,0	91,2	96,6	90,0	94,7	100,2	91,2	96,2	101,7	75
80	95,3	100,3	106,1	99,2	104,6	110,5	100,7	106,3	112,2	80
85	104,3	110,0	116,3	109,0	115,2	121,4	110,9	117,3	123,5	85
90	113,9	120,4	127,0	119,7	126,5	133,0	122,0	129,0	135,4	90
95	124,3	131,4	138,3	131,1	138,6	145,2	133,8	141,3	147,8	95
100	135,3	143,0	150,1	143,1	151,3	158,1	146,3	154,5	161,2	100
105	147,0	155,3	162,6	156,0	164,8	171,5	159,6	168,4	175,0	105
110	159,4	168,3	175,7	169,5	178,9	185,7	173,5	183,1	189,5	110
115	172,4	182,1	189,3	183,9	193,8	200,5	188,3	198,4	204,9	115
120	186,1	196,2	203,7	198,9	209,5	215,9	203,7	214,5	220,6	120
125	200,4	211,3	218,6	214,4	225,6	232,1	219,9	231,3	237,1	125
130	215,5	227,0	233,9	230,9	242,7	248,8	236,6	248,8	254,5	130
135	231,2	243,3	250,3	247,7	260,3	266,3	254,3	266,8	272,7	135
140	247,5	260,0	267,0	265,5	278,9	284,6	272,5	285,8	291,3	140
145	264,3	277,5	284,4	283,8	297,8	303,0	291,2	305,7	310,6	145
150	281,5	296,0	301,8	303,0	317,6	322,7	310,8	325,8	330,5	150

Tabelul 4.33

Construcții civile, industriale și agricole				Valorile coeficienților de zvelțețe în funcție de coeficienții ξ_A, ξ_B, și calitatea oțelului R_e (daN/mm²)				$\xi=\frac{\lambda}{\sqrt{\varphi}}$			
λ	R_e=43		λ	R_e=43		λ	R_e=47		λ	R_e=47	
	ξ_A	ξ_B		ξ_A	ξ_B		ξ_A	ξ_B		ξ_A	ξ_B
20	20,2	20,3	90	130,0	137,4	20	20,2	20,4	90	134,6	142,1
25	25,4	25,6	95	143,1	151,0	25	25,5	25,7	95	148,2	156,4
30	30,7	31,2	100	156,9	165,5	30	30,8	31,3	100	162,9	171,5
35	36,3	36,9	105	171,5	180,9	35	36,3	37,1	105	178,2	187,7
40	42,0	43,0	110	187,0	196,9	40	42,2	43,3	110	194,5	204,3
45	48,0	49,5	115	203,3	213,5	45	48,3	50,0	115	211,4	222,1
50	54,4	56,4	120	220,2	231,4	50	55,0	57,2	120	229,2	240,5
55	61,3	64,0	125	237,9	250,0	55	62,2	65,0	125	247,5	260,1
60	68,9	72,2	130	256,4	268,7	60	70,0	73,6	130	267,0	279,7
65	77,0	81,1	135	275,6	289,1	65	78,7	82,9	135	287,2	301,1
70	86,0	90,7	140	295,1	310,0	70	88,1	93,0	140	307,7	322,9
75	95,8	101,1	145	316,4	330,9	75	98,4	104,0	145	329,2	344,7
80	106,3	112,5	150	338,0	353,6	80	109,6	115,8	150	351,6	368,2
85	117,8	124,5	—	—	—	85	121,7	128,6	—	—	—

Tabelul 4.34

Poduri metalice și construcții metalice hidrotehnice				Valorile coeficienților de zvelțețe în funcție de ξ_a, ξ_b și marca oțelului				$\xi=\frac{\lambda}{\sqrt{\varphi}}$					
λ	OL 37		OL 44		OL 52		λ	OL 37		OL 44		OL 52	
	ξ_a	ξ_b	ξ_a	ξ_b	ξ_a	ξ_b		ξ_a	ξ_b	ξ_a	ξ_b	ξ_a	ξ_b
20	20,9	21,2	21,0	21,3	21,1	21,4	90	113,3	117,9	117,9	122,9	129,2	135,1
25	26,4	26,8	26,6	26,9	26,8	27,3	95	122,0	127,1	129,3	135,2	144,0	150,4
30	32,1	32,6	32,3	32,9	32,6	33,3	100	131,6	137,2	143,3	149,7	159,7	166,7
35	37,9	38,6	38,2	39,0	38,6	39,5	105	142,5	150,0	157,9	165,0	176,0	183,9
40	43,8	44,7	44,3	45,3	44,8	45,9	110	157,6	164,7	173,3	181,1	193,3	201,8
45	50,0	51,1	50,4	51,8	51,1	52,6	115	172,4	180,0	189,6	197,8	211,0	220,5
50	56,1	57,4	56,8	58,4	57,7	59,4	120	187,6	196,0	206,4	215,5	230,1	240,0
55	62,5	64,2	63,4	65,3	64,5	66,6	125	203,6	212,8	223,8	233,7	239,7	260,6
60	69,1	71,1	70,2	72,4	71,6	74,0	130	220,4	230,2	242,2	253,0	269,9	281,7
65	75,8	78,2	77,2	79,8	78,9	81,8	135	237,5	248,1	260,8	272,7	291,1	304,2
70	82,7	85,5	84,5	87,5	86,6	90,0	140	255,6	267,0	280,6	293,2	313,0	327,3
75	89,9	93,1	92,0	95,6	94,9	98,7	145	274,0	286,0	301,0	314,9	335,3	350,6
80	97,4	101,0	100,0	103,8	103,9	108,4	150	293,0	306,2	322,7	337,1	359,6	375,0
85	105,2	109,2	108,5	113,0	115,4	102,4	—	—	—	—	—	—	—

Observație. Coeficienții ξ_a, ξ_b se determină cu relația (4.5), iar pentru valorile lui λ corespunzătoare, din tabelele 4.24 – 4.29 se scot coeficienții de flambaj φ.

Aplicarea acestei metode urmează următoarele etape:

Se apreciază în funcție de importanța barei în construcție coeficientul de zvelțețe λ. Din relația (4.1) respectiv (4.3) se determină secțiunea necesară, coeficientul de flambaj φ fiind în funcție de λ precizat. Secțiunea care a rezultat trebuie să respecte dimensiunile

$$h \geqslant \frac{l_f}{\alpha_x \lambda} \quad \text{și} \quad b \geqslant \frac{l_f}{\alpha_y \lambda}. \tag{4.7}$$

Pentru secțiuni mai complexe, alcătuite din mai multe elemente depărtate, se poate folosi o metodă mixtă.

Se determină mai întîi secțiunea necesară aplicînd metoda coeficientului de profil și apoi se stabilesc înălțimea și lățimea secțiunii din relațiile (4.7).

Lungimile de flambaj în raport cu axele principale $x-x$ și $y-y$ rezultă din tabelul 4.35 pentru elementele grinzilor cu zăbrele și 4.36 pentru stîlpi.

Metoda mixtă are avantajul că nu necesită aprecierea inițială a zvelțeței efective λ și că alegerea elementelor componente ale secțiunii se face în funcție de trei mărimi: A din relația (4.1) sau (4.3) în care se introduce φ obținut în funcție de ξ din relația (4.4) sau (4.5); b și h din relațiile (4.7) în care se introduce λ determinat în funcție tot de ξ din relația (4.4) sau (4.5).

Metoda este deosebit de avantajoasă pentru bare cu secțiune compusă și lungimi de flambaj mult diferite ($l_{f_x} \neq l_{f_y}$).

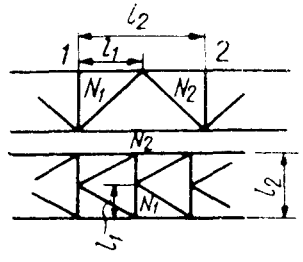
Tabelul 4.35

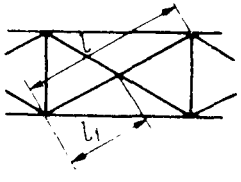
LUNGIMI DE FLAMBAJ. GRINZI CU ZĂBRELE

Destinația construcției	Direcția de flambaj	Elementul: Tălpi	Elementul: Diagonale și montanți de reazem	Elementul: Celelalte zăbrele
		l_f		
Construcții industriale, hidrotehnice și poduri metalice	În planul grinzii	l	l	$\geq 0{,}8\,l$
	Transversal planului grinzii	l_1	l	l

În care : l este lungimea elementului între nodurile teoretice de la capetele sale,
l_1 — distanța între nodurile fixate împotriva deplasării transversale ale planului grinzii

Bara cu capetele *1* și *2* împiedicate să se deplaseze transversal planului grinzii și solicitate de N_1 și N_2 ; $N_1 > N_2$

Schema grinzii	Lungimea de flambaj în plan și transversal planului grinzii
	În planul grinzii : $l_f = l_1$ Transversal planului grinzii $l_f = l_2\left(0{,}75 + 0{,}25\,\frac{N_2}{N_1}\right)$ N_1 și N_2 se introduc cu semnele lor

Schema grinzii	Lungimi de flambaj: În planul grinzii	În plan transversal planului grinzii		
	l_1	Caracteristica nodurilor de intersecție a diagonalelor	Felul solicitărilor în barele care se opun flambajului: Întindere	Efort nul	Compresiune
		Ambele diagonale neîntrerupte	$0{,}5\,l$	$0{,}7\,l$	l
		Bara care se opune flambajului este întreruptă și barele sînt legate între ele cu guseu	$0{,}7\,l$	l	l

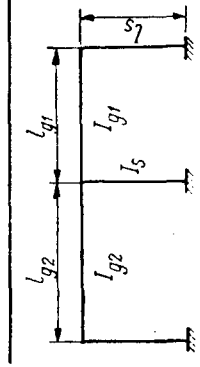
Notă : Pentru alte cazuri a se consulta STAS 10108/0-78 ; STAS 1911-75 etc.

Tabelul 4.36

LUNGIMI DE FLAMBAJ. STÎLPI

A. Stîlpi cu secțiune constantă : $l_f = \mu l$

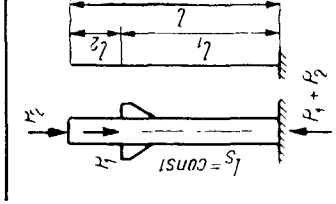
Coeficienții μ pentru stîlpii cadrelor cu un nivel cu secțiune constantă și cu încastrare elastică la partea superioară

Schema statică	Prinderea în fundație \ $K = \left(\frac{I_{g1}}{l_{g1}} + \frac{I_{g2}}{l_{g2}}\right)\frac{l_s}{I_s}$	0	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	10,0
	Încastrată	2,0	1,50	1,40	1,28	1,16	1,08	1,06	1,00
	Articulată	—	3,42	3,00	2,63	2,33	2,17	2,11	2,00

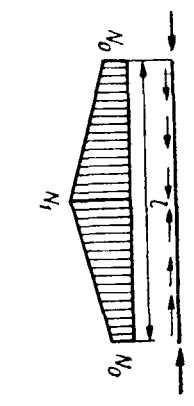
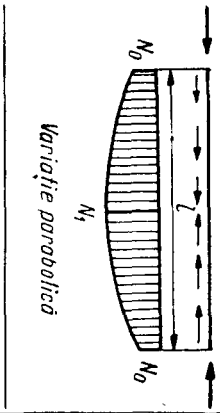
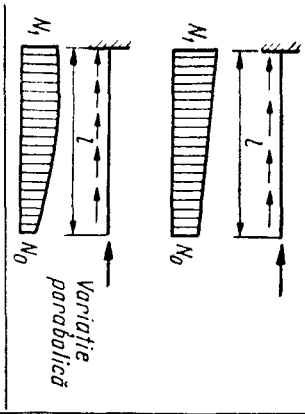
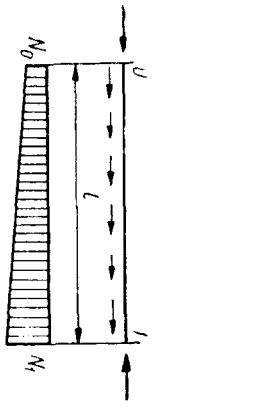
Observații 1) Cînd stîlpul este legat articulat de riglă, $K = 0$; 2) Pentru alte cazuri v. STAS 10108/0-78

B. Stîlpi cu secțiune constantă cu o forță aplicată pe înălțime : $l_f = \mu l$

Coeficienții μ pentru stîlpi cu secțiune constantă la hale industriale, determinați în funcție de :

Schema statică și de încărcare	Condițiile de revenire la : Capătul inferior	Capătul superior (v. pct. D_1 din tabel, fig. a—d)	$\frac{l_2}{l_1}$ =	$\frac{P_1}{P_2} \geq 3$	$\frac{P_1}{P_2} = 1$
	Încastrat	Cu rotiri și deplasări libere (fig. a)	0,3	1,8	2,0
			0,6	1,5	1,7
			1,0	1,3	1,6
		Cu rotiri împiedicate și deplasări libere (fig. b)	0,3	1,0	1,2
			0,6	0,9	1,0
			1,0	0,8	0,9
		Cu rotiri libere și deplasări împiedicate (fig. c)	0,3	0,6	0,6
			0,6	0,5	0,6
			1,0	0,5	0,6
		Cu rotiri și deplasări împiedicate (fig. d)	0,3	0,5	0,5
			0,6	0,4	0,4
			1,0	0,4	0,4

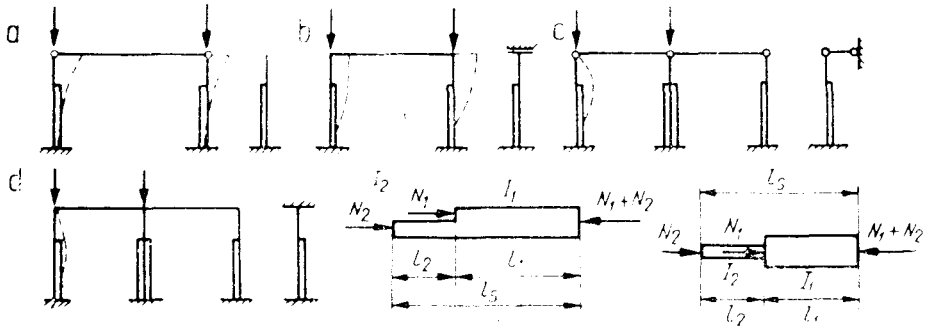
Tabelul 4.36 (continuare)

Schema statică și de încărcare	Lungimea de flambaj în funcție de legăturile de la capete
C. Stîlpi cu secțiune constantă supuși la forțe N variabil pe lungime	
	Articulat la ambele capete $l_f = l \sqrt{\dfrac{1+2{,}18\dfrac{N_0}{N_1}}{3{,}18}}$
	Încastrat la ambele capete $l_f = l \sqrt{\dfrac{1+0{,}93\dfrac{N_0}{N_1}}{7{,}72}}$
 Variație parabolică	Articulat la ambele capete $l_f = l \sqrt{\dfrac{1+1{,}09\dfrac{N_0}{N_1}}{2{,}09}}$
	Încastrat la ambele capete $l_f = l \sqrt{\dfrac{1+0{,}35\dfrac{N_0}{N_1}}{5{,}40}}$
 Variație parabolică	Încastrat la un capăt și liber la celălalt $l_f = 2l \sqrt{\dfrac{1+2{,}18\dfrac{N_0}{N_1}}{3{,}18}}$
	Articulat la ambele capete $l_f = 2l \sqrt{\dfrac{1+1{,}09\dfrac{N_0}{N_1}}{2{,}09}}$
	Încastrat la ambele capete $l_f = l \sqrt{\dfrac{1+0{,}88\dfrac{N_0}{N_1}}{1{,}88}}$
	Articulat în 1 și încastrat în 0 $l_f = l \sqrt{\dfrac{1+0{,}93\dfrac{N_0}{N_1}}{7{,}72}}$
	Articulat în 0 și încastrat în 1 $l_f = l \sqrt{\dfrac{1+0{,}51\dfrac{N_0}{N_1}}{3{,}09}}$
	$l_f = l \sqrt{\dfrac{1+1{,}65\dfrac{N_0}{N_1}}{5{,}42}}$

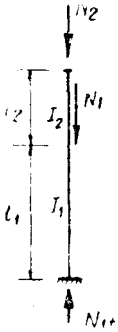
Tabelul 4.36 (continuare)

D. Stîlpi cu secțiune variabilă cu o singură treaptă : $l_{1f} = \mu_1 l_1$. $l_{2f} = \mu_2 l_2$

D_1. *Elemente generale privind :*

Felul legăturii la capătul superior al stîlpului și schema de încărcare pentru stîlp marginal și central *	Relațiile de calcul al coeficienților μ_1 și μ_2, pentru l_f în planul cadrului
	$\mu_1 = \sqrt{\dfrac{(c-1)\mu_{11}^2 + \mu_{12}^2}{c}}$; $\mu_2 = \dfrac{\mu_1}{c_1} \leqslant 3$ $c = \dfrac{N_1 + N_2}{N_2}$; $c_1 = \dfrac{l_2}{l_1}\sqrt{\dfrac{1}{c} \cdot \dfrac{I_1}{I_2}}$ În plan normal pe planul cadrului $l_f = \mu l_s$ ($\mu = 1$). Valorile coeficienților μ_1, μ_{12} și μ_{11} pentru calculul lungimii de flambaj în planul cadrului se dau în continuare în tabel

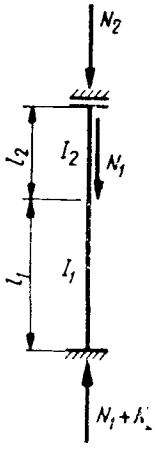
D_2. *Coeficienții μ_1 pentru stîlpi cu rotiri și deplasări libere la capătul superior* (v. pct. D_1 din tabel, fig. *a*)

Schema de calcul	c_1	Valorile coeficienților μ_1 în funcție de c_1 și raportul $I_2 l_1 / I_1 l_2$ egal cu :																			
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	5,0	10,0	20,0
	50,0	2,0	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	0,2	2,0	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10	2,12	2,14	2,15	2,17	2,21	2,40	2,76	3,38
	0,4	2,0	2,04	2,08	2,11	2,13	2,18	2,21	2,25	2,28	2,32	2,35	2,42	2,48	2,54	2,60	2,66	2,80	—	—	—
	0,6	2,0	2,11	2,20	2,23	2,36	2,44	2,52	2,59	2,66	2,73	2,80	2,93	3,05	3,17	3,28	3,39	—	—	—	—
	0,8	2,0	2,25	2,42	2,58	2,70	2,83	2,96	3,07	3,17	3,27	3,36	3,55	3,74	—	—	—	—	—	—	—
	1,0	2,0	2,50	2,73	2,94	3,13	3,29	3,41	3,59	3,74	3,87	4,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,5	3,0	3,43	3,77	4,07	4,35	4,61	4,86	5,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,0	4,0	4,44	4,90	5,29	5,67	6,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,5	5,0	5,55	6,08	6,56	7,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3,0	6,0	6,65	7,25	7,82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Stîlpii cu secțiune constantă sau variabilă în trepte la cadrele halelor industriale cu două și mai multe deschideri se consideră că au capătul de la nivelul acoperișului nedeplasabil, atunci cînd există legături longitudinale dezvoltate la nivelul acoperișului (contravîntuiri longitudinale, acoperiș rigid etc.)

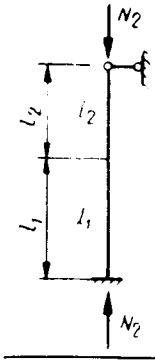
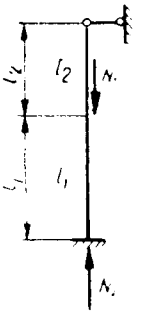
Tabelul 4.36 (continuare)

D$_3$ *Coeficienții* μ_1 *pentru stîlpi cu rotiri impiedicate și deplasări libere la capătul superior* (v. pct. D$_1$ din tabel, fig. *b*)

Schema de calcul	c_1	Valorile coeficienților μ_1 în funcție de c_1 și raportul I_2l_1/I_1l_2 egal cu :																			
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,20	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	5,0	10,0	20,0
	0,0	2,0	1,92	1,86	1,80	1,76	1,70	1,67	1,64	1,60	1,57	1,55	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,32	1,18	1,10	1,05
	0,2	2,0	1,93	1,87	1,82	1,76	1,71	1,68	1,64	1,62	1,59	1,56	1,52	1,48	1,45	1,41	1,39	1,33	1,20	1,11	—
	0,4	2.0	1,94	1,88	1,83	1,77	1,76	1,72	1,69	1,66	1,62	1,61	1,57	1,53	1,50	1,48	1,45	1,40	—	—	—
	0,6	2,0	1,95	1,91	1,86	1,83	1,79	1,77	1,76	1,72	1,71	1,69	1,66	1,63	1,61	1,59	—	—	—	—	—
	0,8	2,0	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,87	1,86	1,85	1,83	1,82	1,80	1,79	—	—	—	—	—	—	—
	1,0	2,0	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,5	2,0	2,12	2,25	2,33	2,38	2,43	2,48	2,52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,0	2,0	2,45	2,66	2,81	2,91	3,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,5	2,5	2,94	3,17	3,34	3,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3,0	3,0	3,43	3,70	3,93	4,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

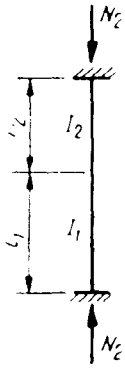
Tabelul 4.36 (continuare)

D$_4$. *Coeficienții* μ_{12} *și* μ_{11} *pentru stîlpi cu rotiri libere și deplasări împiedicate la capătul superior* (v. pct. D$_1$ din tabel, fig. *c*)

Schema de calcul	I_2/I_1	Coeficienții μ_{12} și μ_{11} în funcție de I_2/I_1 și valoarea raportului l_2/l_1 egal cu :														
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Valorile coeficientului μ_{12}														
	0,04	1,02	1,84	2,25	2,59	2,85	3,08	3,24	3,42	3,70	4,00	4,55	5,25	5,80	6,55	7,20
	0,06	0,91	1,47	1,93	2,26	2,57	2,74	2,90	3,05	3,24	3,45	3,88	4,43	4,90	5,43	5,94
	0,08	0,86	1,31	1,73	2,05	2,31	2,49	2,68	2,85	3,00	3,14	3,53	3,93	4,37	4,85	5,28
	0,1	0,83	1,21	1,57	1,95	2,14	2,33	2,46	2,60	2,76	2,91	3,28	3,61	4,03	4,43	4,85
	0,2	0,79	0,98	1,23	1,46	1,67	1,85	2,02	2,15	2,28	2,40	2,67	2,88	3,11	3,42	3,71
	0,3	0,78	0,90	1,09	1,27	1,44	1,60	1,74	1,86	1,98	2,11	2,35	2,51	2,76	2,99	3,25
	0,4	0,78	0,88	1,02	1,17	1,32	1,45	1,58	1,69	1,81	1,92	2,14	2,31	2,51	2,68	2,88
	0,5	0,78	0,86	0,99	1,10	1,22	1,35	1,47	1,57	1,67	1,76	1,96	2,15	2,34	2,50	2,76
	1,0	0,78	0,85	0,92	0,99	1,06	1,13	1,20	1,27	1,34	1,41	1,54	1,68	1,82	1,97	2,10
		Valorile coeficientului μ_{11}														
	0,04	0,67	0,67	0,83	1,25	1,43	1,55	1,65	1,70	1,75	1,78	1,84	1,87	1,88	1,90	1,92
	0,06	0,67	0,67	0,81	1,07	1,27	1,41	1,51	1,60	1,64	1,70	1,78	1,82	1,84	1,87	1,88
	0,08	0,67	0,67	0,75	0,98	1,19	1,32	1,43	1,51	1,58	1,63	1,72	1,77	1,81	1,82	1,84
	0,1	0,67	0,67	0,73	0,93	1,11	1,25	1,36	1,45	1,52	1,57	1,66	1,72	1,77	1,80	1,92
	0,2	0,67	0,67	0,69	0,75	0,89	1,02	1,12	1,21	1,29	1,36	1,46	1,54	1,60	1,65	1,69
	0,3	0,67	0,67	0,67	0,71	0,83	0,90	0,99	1,08	1,15	1,22	1,33	1,41	1,48	1,54	1,59
	0,4	0,67	0,67	0,67	0,69	0,75	0,84	0,92	1,00	1,07	1,13	1,24	1,33	1,40	1,47	1,51
	0,5	0,67	0,67	0,67	0,69	0,73	0,81	0,87	0,94	1,01	1,07	1,17	1,26	1,33	1,39	1,44
	0,6	0,67	0,67	0,67	0,68	0,71	0,74	0,78	0,82	0,87	0,91	0,99	1,07	1,13	1,19	1,24

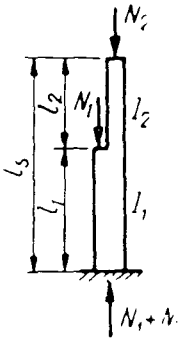
Tabelul 4.36 (continuare)

D$_5$. *Coeficienții* μ_{12} *și* μ_{11} *pentru stîlpi cu rotiri și deplasări împiedicate la capătul superior* (v. pct. D$_1$ din tabel, fig. *d*)

Schema de calcul	I_2/I_1	Coeficienții μ_{12} și μ_{11} în funcție de I_2/I_1 și valoarea raportului l_2/l_1 egal cu :														
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Valorile coeficientului μ_{12}														
	0,04	0,78	1,02	1,53	1,73	2,01	2,21	2,38	2,54	2,65	2,85	3,24	3,70	4,20	4,76	5,23
	0,06	0,70	0,86	1,23	1,47	1,73	1,93	2,08	2,23	2,38	2,49	2,81	3,17	3,50	3,92	4,30
	0,08	0,68	0,79	1,05	1,31	1,54	1,74	1,91	2,05	2,20	2,31	2,55	2,80	3,11	3,45	3,73
	0,10	0,67	0,76	1,00	1,20	1,42	1,61	1,78	1,92	2,04	2,20	2,40	2,60	2,86	3,18	3,41
	0,20	0,64	0.70	0,79	0,93	1,07	1,23	1,41	1,50	1,60	1,72	1,92	2,11	2,28	2,45	2,64
	0,30	0,62	0,68	0,74	0,85	0,95	1,06	1,18	1,28	1,39	1,48	1,67	1,82	1,96	2,12	2,20
	0,40	0,60	0,66	0,71	0,78	0,87	0,99	1,07	1,16	1,26	1,34	1,50	1,65	1,79	1,94	2,08
	0,50	0,59	0,65	0,70	0,77	0,82	0,93	0,99	1,08	1,17	1,23	1,39	1,53	1,66	1,79	1,92
	1,00	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
		Valorile coeficientului μ_{11}														
	0,01	0,66	0,68	0,75	0,94	1,08	1,24	1,37	1,47	1,55	1,64	1,72	1,78	1,81	1,85	1,89
	0,06	0,65	0,67	0,68	0,76	0,94	1,10	1,25	1,35	1,44	1,50	1,61	1,69	1,74	1,79	1,82
	0,08	0,64	0,66	0,67	0,68	0,84	1,00	1,12	1,25	1,34	1,41	1,53	1,62	1,68	1,75	1,79
	0,10	0,64	0,65	0,65	0,65	0,78	0,92	1,05	1,15	1,25	1,33	1,45	1,55	1,62	1,68	1,71
	0,20	0,62	0,64	0,65	0,65	0,66	0,73	0,83	0,92	1,01	1,09	1,23	1,33	1,41	1,48	1,54
	0,30	0,60	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,73	0,81	0,89	0,94	1.09	1,20	1,28	1,35	1,41
	0,40	0,58	0,63	0,63	0,64	0,64	0,66	0,68	0,75	0,82	0,88	1,01	1,10	1,19	1,26	1,32
	0,50	0,57	0,61	0,63	0,64	0,64	0,65	0,68	0,72	0,77	0,83	0,94	1,04	1,12	1,19	1,25
	1,00	0,55	0,58	0,60	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0,70	0,73	0,80	0,88	0,93	1,01	1,05

Tabelul 4.36 (continuare)

E. Coeficienții μ_1 și μ_2 pentru stîlpi cu o singură treaptă, în cazul cînd sînt îndeplinite condițiile $l_2/l_1 \leqslant 0{,}6$ și $N_1/N_2 \geqslant 3{,}0$

Schema de calcul	Condițiile de fixare ale capetelor		Valorile coeficienților μ_1 și μ_2 pentru		
	Capătul inferior	Capătul superior (v. pct. D$_1$ din tabel, fig. *a*—*d*)	Partea inferioară a stîlpului, μ_1, cînd : $0{,}3 \geqslant \frac{I_2}{I_1} \geqslant 0{,}1$	Partea inferioară a stîlpului, μ_1, cînd : $0{,}1 > \frac{I_2}{I_1} \geqslant 0{,}05$	Partea superioară a stîlpului, μ_2
	Încastrat	Cu rotire și deplasări libere (fig. *a*)	2,5	3,0	3,0
		Cu rotiri împiedicate și deplasări libere (fig. *b*)	2,0	2,0	3,0
		Cu rotiri libere și deplasări împiedicate (fig. *c*)	1,6	2,0	2,5
		Cu rotiri și deplasări împiedicate (fig. *d*)	1,2	1,5	2,0

4.1.3. Verificarea secțiunii barelor solicitate la compresiune centrică

Secțiunea aleasă trebuie să răspundă condiției de rigiditate și condiției de capacitate portantă (rezistență și stabilitate). Aceste verificări încep cu calculul caracteristicilor geometrice ale secțiunii (A, I_x, I_y, i_x, i_y, I_r, I_ω etc.).

Calculul caracteristicilor geometrice se face cu metodele din Rezistența Materialelor sau cu ajutorul tabelelor pentru secțiuni foarte uzuale (tabelele 4.37 – 4.49).

4.1.3.1. **Bare cu secțiune unitară.** În cazul barelor cu secțiune unitară se fac următoarele verificări :

1) Verificarea condiției de rigiditate se face cu relațiile :

$$\left.\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{l_{fx}}{i_x} \leqslant \lambda_a \\ \lambda_y &= \frac{l_{fy}}{i_y} \leqslant \lambda_a \end{aligned}\right\} \qquad (4.8a, b)$$

unde coeficientul de zvelțețe admis λ_a rezultă din cap. 2.

2) Verificarea condițiilor capacității portante.

Condiția de rezistență

$$\left.\begin{aligned} \sigma &= \frac{N}{A_n} \leqslant R \\ \sigma &= \frac{N}{A_n} \leqslant \sigma_a \end{aligned}\right\} \qquad (4.9a, b)$$

Condiția de stabilitate

$$\left.\begin{aligned} \sigma &= \frac{N}{\varphi A} \leqslant R \\ \sigma &= \frac{N}{\varphi A} \leqslant \sigma_a \end{aligned}\right\} \qquad (4.10a, b)$$

Pentru determinarea coeficientului de flambaj φ, coeficientul de zvelțețe se calculează după cum urmează :

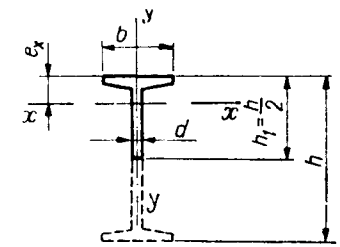
— În cazul flambajului prin încovoiere, pentru cea mai mare valoare a coeficientului de zvelțețe dintre :

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x}; \qquad \lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y} \qquad (4.11)$$

Tabelul 4.37

SECȚIUNI T OBȚINUTE PRIN TĂIEREA ÎN DOUĂ A UNUI PROFIL I

Dimensiuni, mase, mărimi statice

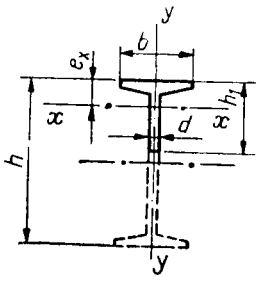


Denumirea profilului	b mm	h_1 mm	d mm	e_x cm	A cm²	g kg/m	Axa $x-x$			Axa $y-y$		
							I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
14	66	70	5,7	1,77	9,1	7,2	38	7,30	2,04	17,6	5,4	1,40
16	74	80	6,3	2,04	11,4	8,9	60	10,0	2,30	27,3	7,4	1,55
18	82	90	6,9	2,29	13,9	10,9	98	14,7	2,65	40,6	9,9	1,71
20	90	100	7,5	2,56	16,7	13,1	144	19,4	2,94	58,2	12,9	1,87
22	98	110	8,1	2,83	19,8	15,5	208	25,4	3,24	81,0	16,6	2,02
24	106	120	8,7	3,09	23,0	18,1	289	32,5	3,54	110	20,8	2,20
26	113	130	9,4	3,37	26,7	20,9	396	41,1	3,85	144	25,4	2,32
28	119	140	10,1	3,66	30,5	23,9	528	51,1	4,16	182	30,5	2,45
30	125	150	10,8	3,96	34,5	27,1	691	62,6	4,47	225	36,0	2,56
32	131	160	11,5	4,26	38,9	30,5	888	75,7	4,78	277	42,3	2,67
36	143	180	13,0	4,86	48,5	38,1	1420	108	5,40	408	57,1	2,90
40	155	200	14,4	5,46	58,9	46,2	2140	147	6,02	578	74,6	3,13

Tabelul 4.38

SECȚIUNI T CU $I_x = I_y$ OBȚINUTE PRIN TĂIERE DINTR-UN PROFIL I

Dimensiuni, mase, mărimi statice

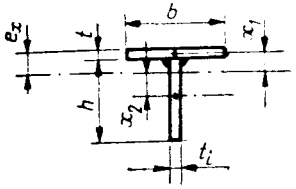


Denumirea profilului	b mm	h_1 mm	d mm	e_x cm	A cm²	g kg/m	$I_x = I_y$ cm⁴	W_x cm³	W_y cm³	$i_x = i_y$ cm
14	66	60	5,7	1,50	8,58	6,7	17,6	3,9	5,3	1,41
16	74	65	6,3	1,60	10,45	8,15	27,3	5,6	7,4	1,62
18	82	70	6,9	1,70	12,6	9,8	40,6	7,7	9,9	1,80
20	90	75	7,5	1,80	14,9	11,7	58	10,2	12,9	1,97
22	98	80	8,1	1,90	17,4	13,7	81	13,3	16,5	2,16
24	106	85	8,7	2,00	20,0	15,7	110	16,9	20,8	2,35
26	113	90	9,4	2,10	22,9	18,0	144	20,9	25,5	2,51
28	119	95	10,1	2,20	26,0	20,4	182	25,0	30,6	2,65
30	125	100	10,8	2,40	29,2	23,0	225	29,6	36,0	2,78
32	131	105	11,5	2,50	32,6	25,6	277	34,6	42,3	2,92
36	143	115	13,0	2,80	40,1	31,5	409	47,0	57,2	3,19
40	155	125	14,4	3,10	48,2	37,9	580	61,7	74,8	3,47

Tabelul 4.39

SECȚIUNI COMPUSE SIMPLU T

Dimensiuni, mărimi statice



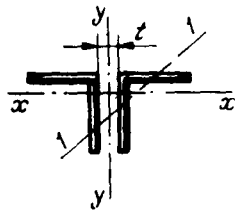
$$e_x = \frac{1}{bt + ht_2}\left[\frac{bt^2}{2} + ht_2\left(t + \frac{h}{2}\right)\right]$$

$$I_x = \frac{t_2 h^3}{12} + t_i\, h x_2^2 + \frac{bt^3}{12} + btx_1^2\,; \quad W_x = \frac{I_x}{h + t - e_x}$$

h mm	t_i mm	b mm	t mm	e_x cm	A cm²	Axa $x-x$			Axa $y-y$		
						I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
200	8	120	8	6,90	25,6	1 180	86,1	6,80	116	19,3	2,13
	10		10	7,06	32,0	1 490	107,0	6,83	146	24,3	2,13
200	8	150	8	6,34	28,0	1 280	88,2	6,75	226	30,1	2,84
	10		10	6,50	35,0	1 610	111,0	6,79	283	37,7	2,84
200	8	180	8	5,87	30,4	1 350	90,6	6,67	390	43,3	3,58
	10		10	6,03	38,0	1 710	114,0	6,71	488	54,2	3,58
200	8	180	10	5,44	34,0	1 470	94,4	6,57	487	54,1	3,78
	10		12	5,70	44,6	1 840	118,0	6,64	585	65,0	3,75
250	8	150	8	8,46	32,0	2 290	132,0	8,46	226	30,1	2,66
	10		10	8,63	40,0	2 890	166,0	8,50	283	37,8	2,66
	12		12	8,79	48,0	3 500	201,0	8,53	341	45,5	2,67
250	8	180	8	7,90	34,4	2 440	136,0	8,42	390	43,3	3,37
	10		10	8,06	43,0	3 070	171,0	8,45	488	54,2	3,37
	12		12	8,22	51,6	3 720	207,0	8,49	587	65,2	3,37
250	8	200	8	7,57	36,0	2 520	138,0	8,37	534	53,4	3,85
	10		10	7,72	45,0	3 180	174,0	8,41	669	66,9	3,86
	12		12	7,88	54,0	3 850	210,0	8,45	804	80,4	3,86
250	8	200	10	7,00	40,0	2 730	144,0	8,27	668	66,8	4,09
	10		12	7,26	49,0	3 410	180,0	8,34	802	80,2	4,05
	12		15	7,38	60,0	4 200	220,0	8,37	1 000	100,0	4,08
300	8	150	8	10,70	36,0	3 700	184,0	10,10	226	30,2	2,51
	10		10	10,80	45,0	4 650	230,0	10,20	284	37,8	2,51
	12		12	11,00	54,0	5 620	278,0	10,20	342	45,6	2,52
300	8	200	8	9,64	40,0	4 080	193,0	10,10	535	53,5	3,66
	10		10	9,80	50,0	5 130	242,0	10,10	669	66,9	3,66
	12		12	9,96	60,0	6 210	292,0	10,20	804	80,4	3,66
300	8	250	8	8,80	44,0	4 390	199.0	9,99	1 040	83,5	4,87
	10		10	8,95	55,0	5 530	251,0	10,00	1 300	104,0	4,87
	12		12	9,11	66,0	6 690	303,0	10,10	1 570	125,0	4,87
300	8	250	10	8,09	49,0	4 740	207,0	9,84	1 300	104,0	5,16
	10		12	8,40	60,0	5 900	259,0	9,92	1 560	125,0	5,11
	12		15	8,46	73,5	7 260	315,0	9,94	1 960	157,0	5,16

$g = 0{,}785\ A$ kg/m

Tabelul 4.40

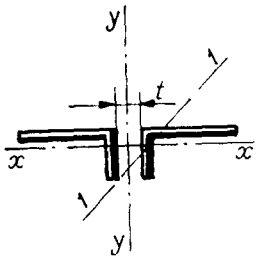


SECȚIUNI COMPUSE DIN DOUĂ CORNIERE CU ARIPI EGALE PUȚIN DEPĂRTATE
Mărimi statice

Denumirea secțiunii		A cm²	i_1 cm	i_x cm	i_y (cm) pentru distanța t (mm) egală cu: 0	8	10	12	15
40×40	3	4,70	0,78	1,21	1,61	1,90	1,98	2,06	2,18
	4	6,16	0,78	1,21	1,65	1,94	2,02	2,10	2,23
	5	7,58	0,77	1,20	1,67	1,97	2,05	2,13	2,25
45×45	4	6,98	0,87	1,36	1,83	2,12	2,20	2,28	2,40
	5	8,60	0,87	1,35	1,86	2,16	2,23	2,31	2,44
	6	10,16	0,87	1,34	1,88	2,18	2,28	2,34	2,48
50×50	4	7,78	0,98	1,52	2,03	2,32	2,39	2,48	2,59
	5	9,60	0,97	1,91	2,06	2,35	2,43	2,51	2,63
	6	11,38	0,97	1,50	2,08	2,38	2,46	2,54	2,66
	7	13,12	0,96	1,49	2,11	2,41	2,48	2,57	2,69
60×60	5	11,64	1,17	1,82	2,44	2,73	2,81	2,89	3,00
	6	13,82	1,17	1,82	2,48	2,77	2,85	2,92	3,04
	8	18,06	1,16	1,80	2,52	2,82	2,90	2,97	3,10
	10	22,20	1,16	1,78	2,56	2,87	2,94	3,02	3,15
70×70	6	16,26	1,37	2,13	2,88	3,16	3,23	3,30	3,42
	7	18,80	1,36	2,12	2,90	3,18	3,26	3,33	3,45
	8	21,20	1,36	2,11	2,92	3,21	3,28	3,36	3,48
	9	23,80	1,36	2,10	2,93	3,23	3,31	3,38	3,50
	10	26,20	1,35	2,09	2,96	3,25	3,32	3,41	3,53
80×80	6	18,70	1,56	2,44	3,26	3,54	3,62	3,70	3,81
	8	24,60	1,55	2,43	3,31	3,60	3,67	3,75	3,87
	10	30,20	1,55	2,41	3,36	3,65	3,72	3,80	3,92
90×90	8	27,80	1,76	2,74	3,70	3,98	4,06	4,13	4,26
	9	31,00	1,76	2,74	3,73	4,02	4,09	4,16	4,28
	11	37,40	1,75	2,72	3,77	4,06	4,14	4,21	4,33
100×100	8	31,00	1,96	3,06	4,10	4,39	4,45	4,54	4,65
	10	38,40	1,95	3,04	4,14	4,43	4,50	4,57	4,69
	12	45,40	1,94	3,02	4,19	4,47	4,55	4,62	4,74
120×120	10	46,40	2,36	3,67	4,95	5,22	5,30	5,36	5,49
	12	55,00	2,35	3,65	5,00	5,26	5,35	5,41	5,54
130×130	12	60,00	2,54	3,97	5,38	5,66	5,73	5,81	5,92
	14	69,40	2,53	3,94	5,42	5,70	5,78	5,85	5,96
	16	78,60	2,52	3,92	5,46	5,75	5,82	5,90	6,01
140×140	12	65,00	2,76	4,31	5,80	6,09	6,15	6,25	6,33
	14	75,20	2,74	4,30	5,85	6,14	6,21	6,29	6,40
	16	84,40	2,72	4,28	6,00	6,29	6,36	6,41	6,53
150×150	12	69,60	2,95	4,60	6,18	6,45	6,52	6,60	6,70
	14	80,60	2,94	4,58	6,23	6,50	6,57	6,64	6,76
	16	91,40	2,93	4,56	6,26	6,54	6,61	6,68	6,79
	18	102,00	2,92	4,54	6,29	6,57	6,65	6,73	6,84
160×160	12	74,80	3,17	4,94	6,61	6,89	6,95	7,01	7,12
	14	86,60	3,16	4,92	6,65	6,92	6,99	7,06	7,17
	16	98,20	3,14	4,89	6,68	6,95	7,04	7,09	7,21
	18	109,60	3,13	4,87	6,71	6,98	7,08	7,15	7,25

Tabelul 4.41

SECȚIUNI COMPUSE DIN DOUĂ CORNIERE CU ARIPI NEEGALE PUȚIN DEPĂRTATE
Mărimi statice

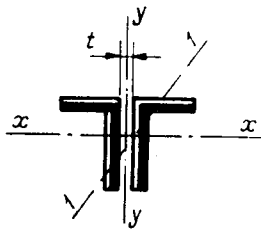


Denumirea secțiunii		A cm²	i_1 cm	i_x cm	i_y (cm) pentru distanța t (mm) egală cu: 0	8	10	12	15
40×20	3	3,46	0,42	0,52	1,91	2,22	2,30	2,38	2,51
	4	4,52	0,42	0,51	1,93	2,25	2,34	2,42	2,54
45×30	4	5,72	0,65	0,85	2,06	2,36	2,43	2,51	2,66
	5	7,04	0,64	0,84	2,08	2,38	2,45	2,54	2,74
60×30	5	8,58	0,63	0,78	2,87	3,18	3,26	3,34	3,46
	6	10,16	0,63	0,77	2,90	3,21	3,30	3,36	3,48
60×40	5	9,58	0,86	1,13	2,72	3,02	3,10	3,18	3,30
	6	11,36	0,86	1,12	2,75	3,06	3,13	3,24	3,34
	7	13,10	0,85	1,11	2,77	3,07	3,15	3,24	3,36
65×50	6	13,16	1,06	1,46	2,87	3,18	3,25	3,33	3,44
	7	15,20	1,06	1,45	2,89	3,19	3,26	3,34	3,47
	8	17,20	1,05	1,44	2,92	3,21	3,30	3,38	3,50
75×50	7	16,62	1,07	1,41	3,43	3,73	3,80	3,88	4,00
80×60	7	18,76	1,28	1,74	3,54	3,84	3,92	3,97	4,10
80×65	6	16,82	1,36	1,93	3,47	3,76	3,83	3,90	4,02
	8	22,00	1,36	1,91	3,50	3,80	3,87	3,95	4,07
	10	27,20	1,35	1,89	3,54	3,84	3,92	3,99	4,12
90×60	6	17,38	1,30	1,72	4,08	4,37	4,44	4,52	4,64
	8	22,80	1,29	1,70	4,11	4,41	4,49	4,57	4,69
100×50	8	22,80	1,05	1,31	4,79	5,10	5,18	5,26	5,38
	10	28,20	1,05	1,29	4,85	5,15	5,23	5,30	5,43
100×75	7	23,80	1,59	2,19	4,39	4,68	4,75	4,83	4,94
	9	30,20	1,59	2,17	4,44	4,73	4,81	4,89	5,00
	11	36,40	1,58	2,15	4,48	4,78	4,86	4,93	5,05
120×80	8	31,00	1,73	2,28	5,41	5,71	5,76	5,85	5,96
	10	38,20	1,72	2,26	5,46	5,74	5,83	5,90	6,03
	12	45,40	1,71	2,24	5,49	5,79	5,88	5,96	6,06
150×90	10	46,40	1,95	2,51	6,92	7,21	7,29	7,36	7,48
	12	55,00	1,94	2,49	6,97	7,27	7,34	7,42	7,53
150×100	10	48,40	2,15	2,86	6,77	7,06	7,13	7,22	7,32
	12	57,40	2,15	2,84	6,82	7,12	7,19	7,27	7,38
	14	66,40	2,14	2,82	6,87	7,16	7,23	7,31	7,42

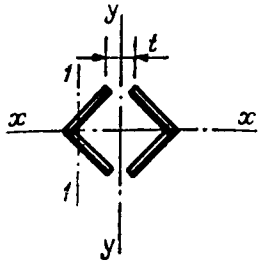
Tabelul 4.42

SECȚIUNI COMPUSE DIN DOUĂ CORNIERE CU ARIPI NEEGALE PUȚIN DEPĂRTATE

Mărimi statice



Denumirea secțiunii		A cm²	i_1 cm	i_x cm	i_y (cm) pentru distanța t (mm) egală cu: 0	8	10	12	15
40×20	3	3,46	0,42	1,27	0,68	0,99	1,08	1,16	1,30
	4	4,52	0,42	1,26	0,71	1,02	1,11	1,20	1,33
45×30	4	5,72	0,65	1,42	1,12	1,42	1,50	1,58	1,71
	5	7,04	0,64	1,41	1,14	1,45	1,53	1,61	1,75
60×30	5	8,58	0,63	1,90	1,03	1,33	1,42	1,50	1,63
	6	10,16	0,63	1,89	1,05	1,36	1,44	1,53	1,66
60×40	5	9,58	0,86	1,89	1,49	1,78	1,85	1,93	2,06
	6	11,36	0,86	1,88	1,50	1,80	1,88	1,96	2,08
	7	13,10	0,85	1,87	1 53	1,83	1,91	1,99	2,12
65×50	6	13,16	1,06	2,03	1,95	2,23	2,31	2,39	2,51
	7	15,20	1,06	2,02	1,96	2,25	2,33	2,41	2,53
	8	17,20	1,05	2,01	1.99	2,28	2,36	2,44	2,56
75×50	7	16,62	1,07	2,36	1,88	2,17	2,25	2,33	2,45
80×60	7	18,76	1,28	2,51	2,31	2,59	2,67	2,74	2,86
80×65	6	16,82	1,35	2,51	2.54	2,81	2,89	2,97	3,08
	8	22,00	1,36	2,49	2,58	2,86	2,94	3,02	3,13
	10	27,20	1,35	2,46	2,62	2,90	2,98	3,06	3,18
90×60	6	17,38	1,30	2,87	2,23	2,50	2,57	2,65	2,76
	8	22,80	1,29	2,85	2,27	2,54	2,62	2,70	2,81
100×50	8	22,80	1,05	3,18	1,72	2,01	2,09	2,17	2,28
	10	28,20	1,05	3,16	1,76	2,06	2,13	2,21	2,34
100×75	7	23,80	1,59	3,15	2,86	3,12	3,20	3,27	3,38
	9	30,20	1,59	3,13	2,89	3,17	3,24	3,32	3,44
	11	36,40	1,58	3,11	2,93	3,22	3,29	3,37	3,48
120×80	8	31,00	1,73	3,82	2,95	3,22	3,29	3,37	3,47
	10	38,20	1,72	3,80	2,99	3,26	3,34	3,41	3,53
	12	45,40	1,71	3,77	3,02	3,31	3,38	3,46	3,57
150×90	10	46,40	1,95	4,80	3,22	3,49	3,56	3,63	3,74
	12	55,00	1,94	4,77	3,26	3,53	3,60	3,68	3,79
150×100	10	48,40	2,15	4,78	3,70	3,96	4,03	4,10	4,21
	12	57,40	2,15	4,76	3,73	4,00	4,08	4,15	4,26
	14	66,40	2,14	4,73	3,77	4,05	4,13	4,20	4,30



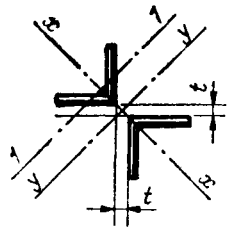
Tabelul 4.43

SECȚIUNI COMPUSE DIN DOUĂ CORNIERE CU ARIPI EGALE PUȚIN DEPĂRTATE

Mărimi statice

Denumirea secțiunii		A cm²	i_1 cm	i_x cm	i_y (cm) pentru distanța t (mm) egală cu: 0	8	10	12	15
40×40	3	4,70	0,78	1,52	1.60	1,96	2,05	2,14	2,29
	4	6,16	0,78	1,52	1,61	1,97	2,06	2,15	2,30
	5	7,58	0,77	1,51	1,61	1,97	2,07	2,17	2,30
45×45	4	6,98	0,87	1,71	1,80	2,16	2,25	2,35	2,48
	5	8,60	0 87	1,70	1,80	2,16	2,25	2,35	2,49
	6	10,16	0,87	1,69	1,81	2,17	2,27	2,36	2,49
50×50	4	7,78	0,98	1,91	2,00	2,36	2,46	2,54	2,68
	5	9,60	0,97	1,90	2 01	2,37	2,47	2,56	2,69
	6	11,38	0,97	1,89	2,01	2,37	2,47	2,56	2,69
	7	13,12	0,96	1,88	2,02	2,38	2,48	2,57	2,71
60×60	5	11,64	1,17	2,30	2,41	2,76	2,85	2,95	3,09
	6	13,82	1,17	2,29	2,41	2.77	2,86	2,95	3,09
	8	18,06	1,16	2,26	2,43	2,79	2,88	2,97	3,11
	10	22,20	1,16	2,23	2,46	2,81	2,90	3,00	3,14
70×70	6	16,26	1,37	2,68	2,82	3,18	3,27	3,36	3,50
	7	18,80	1,36	2,67	2,83	3,18	2,27	3,36	3,50
	8	21,20	1,36	2,66	2,83	3,20	3,29	3,38	3,51
	9	23,80	1,36	2,64	2,84	3,20	3,30	3,38	3,52
	10	26,20	1,35	2,63	2,86	3,21	3.30	3,39	3,53
80×80	6	18,70	1,56	3,08	3,22	3,56	3,67	3,75	3,90
	8	24.60	1,55	3,06	3,22	3,57	3,67	3,75	3,90
	10	30,20	1,55	3,03	3,24	3,60	3,69	3,78	3,92
90×90	8	27,80	1,76	3,45	3,62	—	4,07	4,15	4,30
	9	31,00	1,76	3,45	3,63	—	4,07	4,17	4,30
	11	37,40	1,75	3,41	3,66	—	4,10	4,19	4,30
100×100	8	31,00	1,96	3,85	4,03	—	4,45	4,56	4,70
	10	38,40	1,95	3,83	4,04	—	4,48	4,57	4,72
	12	45,40	1,94	3,80	4,07	—	4,51	4,61	4,74
120×120	10	46,40	2,36	4,63	4,84	—	5,27	5,37	5,50
	12	55,00	2,35	4,60	4,86	—	5,31	5,40	5,54
130×130	12	60,00	2,54	5,00	5,25	—	5,70	5,78	5,92
	14	69,40	2,53	4,97	5,27	—	5,72	5,81	5,94
	16	78,60	2,52	4,94	5,31	—	5,75	5,83	5,97
140×140	12	65,00	2,76	5,43	5,74	—	6,16	6,25	6,40
	14	75,20	2,74	5,42	5,76	—	6,20	6,30	6,41
	16	84,40	2,72	5,40	5,77	—	6,21	6,30	6,44
150×150	12	69,60	2,95	5,80	6,05	—	6,50	6,57	6,71
	14	80,60	2,94	5,77	6,09	—	6,51	6,60	6,72
	16	91,40	2,93	5,74	6,10	—	6,53	6,62	6,74
	18	102,00	2,92	5,71	6,13	—	6,55	6,65	6,78
160×160	12	74,80	3,17	6,23	6,55	—	7,00	7,07	7,21
	14	86,60	3,16	6,20	6,56	|	7,02	7,08	7,24
	16	98,20	3,14	6,17	6,58	—	7,03	7,11	7,26
	18	109,60	3,13	6,13	6,59	—	7,04	7,14	7,29

Tabelul 4.44



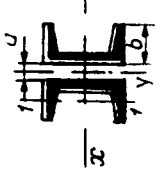
SECȚIUNI COMPUSE DIN DOUĂ CORNIERE CU ARIPI EGALE FUȚIN DEPĂRTATE
Mărimi statice

Denumirea secțiunii		A cm²	i_1 cm	i_x cm	i_y (cm) pentru distanța t (mm) egală cu: 0	8	10	12	15
40×40	3	4,70	0,78	1,52	1,71	2,23	2,37	2,50	2,69
	4	6,16	0,78	1,52	1,76	2,29	2,42	2,55	2,75
	5	7,58	0,77	1,51	1,81	2,34	2,47	2,61	2,81
45×45	4	6,98	0,87	1,71	1,96	2,47	2,61	2,75	2,94
	5	8,60	0,87	1,70	2,01	2,53	2,67	2,80	3,00
	6	10,16	0,87	1,69	2,06	2,58	2,72	2,85	3,06
50×50	4	7,78	0,98	1,91	2,16	2,67	2,80	2,94	3,14
	5	9,60	0,97	1,90	2,21	2,73	2,86	2,99	3,19
	6	11,38	0,97	1,89	2,25	2,78	2,91	3,05	3,25
	7	13,12	0,96	1,88	2,32	2,85	2,98	3,11	3,31
60×60	5	11,64	1,17	2,30	2,60	3,10	3,24	3,38	3,58
	6	13,82	1,17	2,29	2,66	3,18	3,31	3,44	3,64
	8	18,06	1,16	2,26	2,75	3,28	3,42	3,55	3,74
	10	22,20	1,16	2,23	2,86	3,39	3,52	3,66	3,86
70×70	6	16,26	1,37	2,68	3,06	3,56	3,70	3,83	4,04
	7	18,80	1,36	2,67	3,11	3,63	3,76	3,89	4,09
	8	21,20	1,36	2,66	3,16	3,67	3,80	3,92	4,15
	9	23,80	1,36	2,64	3,20	3,73	3,86	3,99	4,19
	10	26,20	1,35	2,63	3,24	3,77	3,91	4,05	4,24
80×80	6	18,70	1,56	3,08	3,44	3,95	4,08	4,22	4,41
	8	24,60	1,55	3,06	3,56	4,08	4,21	4,34	4,53
	10	30,20	1,55	3,03	3,65	4,18	4,31	4,44	4,63
90×90	8	27,80	1,76	3,45	3,94	4,45	4,59	4,63	4,91
	9	31,00	1,76	3,45	4,00	4,52	4,65	4,78	4,97
	11	37,40	1,75	3,41	4,09	4,61	4,74	4,87	5,07
100×100	8	31,00	1,96	3,85	4,34	4,84	4,96	5,12	5,30
	10	38,40	1,95	3,83	4,44	4,96	5,09	5,22	5,42
	12	45,40	1,94	3,80	4,54	5,06	5,19	5,32	5,52
120×120	10	46,40	2,36	4,63	5,25	5,75	5,90	6,01	6,20
	12	55,00	2,35	4,60	5,35	5,85	6,00	6,11	6,32
130×130	12	60,00	2,54	5,00	5,74	6,26	6,39	6,52	6,71
	14	69,40	2,53	4,97	5,84	6,36	6,49	6,62	6,81
	16	78,60	2,52	4,94	5,93	6,46	6,58	6,71	6,91
140×140	12	65,00	2,76	5,43	6,16	6,66	6,80	6,92	7,10
	14	75,20	2,74	5,42	6,24	6,75	6,89	7,04	7,20
	16	84,40	2,72	5,40	6,33	6,84	6,98	7,15	7,33
150×150	12	69,60	2,95	5,80	6,03	7,05	7,18	7,34	7,52
	14	80,60	2,94	5,77	6,63	7,15	7,28	7,41	7,60
	16	91,40	2,93	5,74	6,74	7,26	7,38	7,51	7,71
	18	102,40	2,92	5,71	6,89	7,35	7,48	7,61	7,80
160×160	12	74,80	3,17	6,23	6,95	7,45	7,59	7,70	7,91
	14	86,60	3,16	6,20	7,05	7,57	7,70	7,81	8,00
	16	98,20	3,14	6,17	7,16	7,65	7,78	7,90	8,10
	18	109,60	3,13	6,13	7,25	7,75	7,90	8,01	8,20

Tabelul 4.45

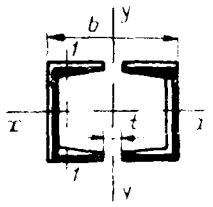
SECȚIUNI COMPUSE DIN DOUĂ PROFILE U
Dimensiuni, mărimi statice

$$I_x = 2I_{x1}\ ;\ I_y = 2I_{y1} + A\left(e + \frac{a}{2}\right)^2\ ;\ W_y = \frac{I_y}{\frac{a}{2}+b} = \frac{2I_y}{a+2b}$$



Denumirea secțiunii	A cm²	i_1 cm	b mm		$x-x$		I (cm⁴) și i (cm) față de axa: $y-y$ pentru distanța a (mm) egală cu: 0	8	10	12	15	80	100	120	140	150	160	180	200
8	22	1,33	45	I_x	212	I_y	85	114	122	131	145	692	951	1 260	1 610	1 800	2 000	2 440	2 920
				i_x	3,10	i_y	1,96	2,28	2,35	2,43	2,57	5,61	6,58	7,77	8,55	9,05	9,51	10,50	11,50
10	27	1,47	50	I_x	412	I_y	123	161	172	183	201	890	1 220	1 600	2 030	2 270	2 520	3 060	3 680
				i_x	3,91	i_y	2,13	2,44	2,52	2,60	2,72	5,74	6,72	7,70	8,67	9,17	9,66	10,60	11,60
12	34	1,59	55	I_x	728	I_y	173	222	236	251	274	1 150	1 570	2 050	2 600	2 900	3 220	3 910	4 880
				i_x	4,62	i_y	2,26	2,56	2,64	2,72	2,84	5,82	6,79	7,76	8,75	9,24	9,73	10,10	11,70
14	40,8	1,75	60	I_x	1 210	I_y	250	314	332	350	380	1 470	1 980	2 580	3 250	3 620	4 000	4 840	5 760
				i_x	5,45	i_y	2,47	2,77	285	2,93	3,05	6,00	6,97	7,95	8,93	9,42	9,90	10,90	11,90
16	48	1,89	65	I_x	1 850	I_y	334	411	433	456	493	1 810	2 420	3 120	3 920	4 360	4 820	5 810	6 900
				i_x	6,21	i_y	2,33	2,92	3,00	3,08	3,20	6,14	7,10	8,06	9,04	9,53	10,00	11,00	12,00
18	56	2,02	70	I_x	2 700	I_y	434	530	555	584	627	2 190	2 910	3 740	4 680	5 200	5 740	6 910	8 180
				i_x	6,95	i_y	2,78	3,07	3,14	3,23	3,34	6,25	7,21	8,17	9,14	9,64	10,10	11,10	12,10
20	64,4	2,14	75	I_x	3 820	I_y	556	670	702	735	787	2 620	3 460	4 430	5 520	6 120	6 750	8 100	9 580
				i_x	7,70	i_y	2,94	3,23	3,32	3,38	3,51	6,38	7,33	8,29	9,26	9,75	10,20	11,20	12,20
22	74,8	2,30	80	I_x	5 380	I_y	736	877	915	956	1 020	3 210	4 210	5 350	6 640	7 340	8 080	9 680	11 420
				i_x	8,48	i_y	3,16	3,43	3,50	3,57	3,69	6,56	7,50	8,48	9,42	9,91	10,40	11,40	12,40
24	84,6	2,42	85	I_x	7 200	I_y	916	1 080	1 130	1 170	1 250	3 780	4 920	6 230	7 700	8 500	9 350	11 160	13 150
				i_x	9,22	i_y	3,29	3,57	3,65	3,73	3,84	6,69	7,62	8,58	9,54	10,00	10,50	11,50	12,50
26	96,6	2,56	90	I_x	9 640	I_y	1 170	1 370	1 420	1 480	1 570	4 540	5 870	7 390	9 100	10 020	11 000	13 100	15 390
				i_x	9,99	i_y	3,48	3,76	3,84	3,91	4,03	6,86	7,79	8,75	9,70	10,20	10,70	11,60	12,60
30	117,6	2,90	100	I_x	16 060	I_y	1 850	2 100	2 190	2 270	2 390	6 270	7 960	9 890	12 050	13 220	14 450	17 090	19 960
				i_x	11,70	i_y	3,97	4,22	4,32	4,40	4,51	7,30	8,23	9,17	10,10	10,60	11,10	12,00	13,00

Tabelul 4.46



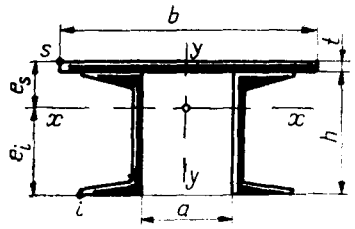
SECȚIUNI COMPUSE DIN DOUĂ PROFILE U

Dimensiuni, mărimi statice

$$I_x = 2I_{x1}\ ;\ I_y = 2I_{y1} + A\left(\frac{b}{2} - e\right)^2\ ;\quad W_y = \frac{2I_y}{b}$$

Denumirea secțiunii	A cm²	i_1 cm	I (cm⁴) și i_x (cm) față de axa: $x-x$		$y-y$ pentru distanța t (mm) egală cu: 0	8	10	12	15	$y-y$ pentru distanța b (mm) egală cu: 150	160	180	200	220	240	250	260	280	300
8	22,0	1,33	I_x	212	I_y	243	301	316	332	356	814	983	1 290	1 650	2 050	2 490	2 720	2 970	3 500	4 080
			i_x	3,10	i_y	3,33	3,70	3,79	3,88	4,03	6,19	6,68	7,66	8,66	9,65	10,60	11,10	11,60	12,60	13,60
10	27,0	1,47	I_x	412	I_y	380	459	480	501	535	1 010	1 180	1 560	1 990	2 470	3 010	3 300	3 660	4 240	4 940
			i_x	3,91	i_y	3,75	4,12	4,22	4,31	4,45	6,12	6,61	7,60	8,58	9,56	10,60	11,10	11,50	12,50	13,50
12	34,0	1,59	I_x	728	I_y	604	715	745	775	822	1 270	1 480	1 950	2 490	3 090	3 760	4 130	4 510	5 310	6 190
			i_x	4,62	i_y	4,21	4,59	4,68	4,77	4,32	6,11	6,60	7,57	8,56	9,53	10,50	11,00	11,50	12,50	13,50
14	40,8	1,75	I_x	1 210	I_y	862	1 010	1050	1 070	1 150	1 470	1 720	2 270	2 900	3 620	4 410	4 840	5 290	6 250	7 290
			i_x	5,45	i_y	4,59	4,97	5,06	5,16	5,30	6,00	6,49	7,46	8,43	9,42	10,40	10,90	11,40	12,40	13,40
16	48,0	1,89	I_x	1 850	I_y	1 210	1400	1 450	1 500	1 580	1 710	1 990	2 630	3 370	4 200	5 130	5 620	6 150	7 270	8 480
			i_x	6,21	i_y	5,03	5,40	5,49	5,59	5,73	5,97	6,44	7,40	8,38	9,35	10,30	10,80	11,30	12,30	13,30
18	56,0	2,02	I_x	2 700	I_y	1 670	1 910	1 970	2 030	2 130	1 970	2 300	3 040	3 880	4 840	5 920	6 500	7 100	8 400	9 810
			i_x	6,95	i_y	5,47	5,84	5,93	6,03	6,17	5,93	6,41	7,37	8,32	9,30	10,30	10,80	11,30	12,30	13,20
						0	10	12	15	20	200	220	210	250	260	280	300	350	400	450
20	64,4	2,14	I_x	3 820	I_y	2 240	2610	2 680	2 800	3 020	4 410	5 500	6 720	7 380	8 070	9 550	11 160	15 750	21 140	27 330
			i_x	7,70	i_y	5,89	6,36	6,46	6,60	6,84	8,27	9,24	10,20	10,70	11,20	12,20	13,20	15,60	18,10	20,60
22	74,8	2,30	I_x	5 380	I_y	2 960	3 420	2 520	3 660	3 920	5 020	6 270	7 670	8 420	9 220	10 920	12 760	18 040	24 250	31 400
			i_x	8,48	i_y	6,29	6,76	6,86	7,00	7,24	8,19	9,16	10,10	10,60	11,10	12,10	13,10	15,50	18,60	20,50
24	84,6	2,42	I_x	7 200	I_y	3 820	4 370	4 490	4 670	4 970	5 600	7 600	8 570	9 420	10 310	12 220	14 200	20 220	27 210	35 260
			i_x	9,22	i_y	6,72	7,19	7,28	7,43	7,65	8,14	9,10	10.10	10,60	11,00	12,00	13,00	15,50	17,90	20,40
26	96,6	2,56	I_x	9 640	I_y	4 890	5 560	5 700	5 910	6 200	6 270	7 850	9 610	10 570	11 570	13 720	16 070	22 780	30 690	39 820
			i_x	9,99	i_y	7,12	7,59	7,68	7,82	8,00	8,06	9,01	9,94	10,50	10,90	11,90	12,90	15,40	17,80	20,30
30	118,0	2,90	I_x	16 060	I_y	7 260	8 140	8 330	8 610	9 090	7 260	9 090	11 160	12 280	13 470	16 010	18 780	26 750	36 190	47 090
			i_x	11,70	i_y	7,86	8,32	8,42	8,56	8,77	7,86	8,78	9,74	10,20	10,70	11,60	12,60	15,10	17,50	20,00

Tabelul 4.47



SECȚIUNI COMPUSE DIN DOUĂ PROFILE U ȘI O SINGURĂ PLATBANDĂ

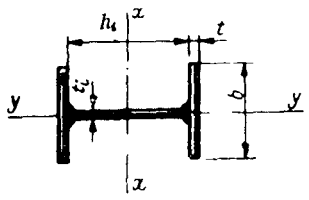
Dimensiuni, mărimi statice

A (cm²) ; I_x (cm⁴) ; i_x (cm) ; W_x (cm³) ; I_y (cm⁴) și i_y (cm) pentru:

Secțiunea formată din: 2 U la distanța a, mm		Platbanda b mm	Platbanda t mm	A cm²	G kg/m	e_i cm	e_s cm	Axa $x-x$ I_x	i_x	W_{xt}	W_{xs}	Axa $y-y$ I_y	i_y
12	160	280	8	56,4	44,3	8,51	4,26	1 280	4,77	155	300	4 700	9,13
14	160	300	10	70,8	55,6	10,2	4,80	2 180	5,55	214	454	6 250	9,40
16	160	300	10	78.0	61,2	11,3	5,70	3 190	6,39	283	560	7 070	9,52
18	180	350	10	91,0	71,4	12,7	6,30	4 650	7,15	368	738	10 480	10,70
20	180	350	10	99,4	78,0	13,7	7,30	6 320	7,98	462	866	11 680	10,80
22	180	350	10	110,0	86,2	14,7	8,30	8 540	8,82	582	1 029	13 250	11,00
24	200	380	12	130,0	102,0	16,4	8,80	11 900	9,56	726	1 352	18 660	12,00
26	200	400	12	145,0	111,0	17,5	9,70	15 580	10,40	890	1 606	21 790	12,30
30	200	420	12	168,0	132,0	19,7	11,50	24 640	12,10	1 250	2 143	27 370	12,80

Tabelul 4.48

SECȚIUNI COMPUSE DUBLU T
Dimensiuni, mărimi statice



$$I_x = \frac{t_i h_i^3}{12} + 2\left[\frac{bt^3}{12} + bt\left(\frac{h_i + t}{2}\right)^2\right]$$

$$I_y = 2\,\frac{tb^3}{12} + \frac{h_i t_i^3}{12}\,; \quad W_x = \frac{I_x}{\frac{h_i}{2} + t}\,; \quad W_y = \frac{2I_y}{b}$$

h_i mm	t_i mm	b mm	t mm	A cm²	Axa $x-x$			Axa $y-y$		
					I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
380	6	200	10	62,8	17 950	897	16,9	1 330	133	4,60
		220		66,8	19 500	975	17,1	1 780	162	5,10
		250		72,8	21 860	1 093	17,3	2 600	208	6,00
		280		76,8	24 160	1 208	17,5	3 660	262	6,80
		300		82,8	25 540	1 277	17,5	4 500	300	7,40
400	8	200	10	72,0	21 080	1 000	17,1	1 340	134	4,31
			12	80,0	24 640	1 160	17,6	1 600	160	4,17
			15	92,0	30 110	1 400	18,1	2 000	200	4,66
	10	250	12	100,0	30 800	1 450	17,6	3 130	250	5,59
			15	115,0	37 640	1 750	18,1	3 910	313	5,83
			20	140,0	49 470	2 250	18,8	5 210	417	6,10
		300	12	112,0	35 900	1 690	17,9	5 400	360	6,95
			15	130,0	44 100	2 050	18,4	6 750	450	7,21
			20	160,0	58 290	2 650	19,1	9 000	600	7,50
450	10	250	12	105,0	39 620	1 670	19,4	3 130	250	5,46
			15	120,0	48 150	2 010	20,0	3 910	313	5,71
			20	145,0	62 850	2 570	20,8	5 210	417	6,00
		300	12	117,0	46 020	1 940	19,8	5 400	360	6,80
			15	135,0	56 260	2 340	20,4	6 750	450	7,07
			20	165,0	73 900	3 020	21,2	9 000	600	7,39
500	10	250	12	110,0	49 750	1 900	21,3	3 130	250	5,33
			15	125,0	60 160	2 270	21,9	3 910	313	5,59
			20	150,0	78 050	2 890	22,8	5 210	417	5,89
		300	12	122,0	57 610	2 200	21,7	5 400	360	6,66
			15	140,0	70 110	2 650	22,4	6 750	450	6,95
			20	170,0	91 580	3 390	23,2	9 000	600	7,28
		350	12	134,0	65 480	2 500	22,1	8 580	490	8,00
			15	155,0	80 060	3 020	22,7	10 720	613	8,32
			20	190,0	105 100	3 890	23,5	14 300	817	8,67

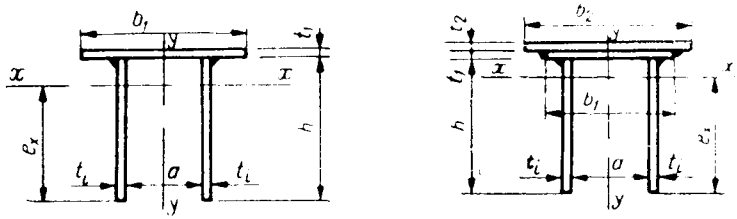
Tabelul 4.48 (continuare)

h_i mm	t_i mm	b mm	t mm	A cm²	Axa $x-x$			Axa $y-y$		
					I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
600	10	250	12	120,0	74 190	2 380	24,9	3 130	250	5,11
			15	135,0	88 930	2 820	25,7	3 910	313	5,38
			20	160,0	111 100	3 570	26,7	5 210	417	5,71
		300	12	132,0	85 430	2 740	25,4	5 400	360	6,40
			15	150,0	103 100	3 270	26,2	6 750	450	6,71
			20	180,0	133 400	4 170	27,2	9 000	600	7,07
		350	12	144,0	966 600	3 100	25,9	8 580	490	7,72
			15	165,0	117 300	3 720	26,7	10 720	613	8,06
			20	200,0	152 600	4 770	27,6	14 300	817	8,45
800	12	300	15	186,0	200 700	4 810	32,8	6 760	451	6,03
			20	216,0	253 600	6 020	34,2	9 010	601	6,46
			25	246,0	306 500	7 210	35,3	11 260	751	6,77
		350	15	201,0	225 600	5 440	33,5	10 730	613	7,31
			20	236,0	286 600	6 820	34,8	14 300	817	7,79
			25	271,0	349 100	8 210	35,9	17 880	1 020	8,12
		400	15	216,0	250 500	6 040	34,1	16 010	801	8,61
			20	256,0	320 200	7 620	35,4	21 340	1 070	9,13
			25	296,0	391 600	9 210	36,4	26 680	1 330	9,49
1 000	12	300	15	210,0	331 800	6 440	39,7	6 760	451	5,68
			20	240,0	412 200	7 930	41,4	9 010	601	6,13
			25	270,0	494 100	9 410	42,8	11 260	751	6,46
		350	15	225,0	370 500	7 190	40,5	10 730	613	6,91
			20	260,0	464 200	8 930	42,3	14 310	818	7,42
			25	295,0	559 700	10 660	43,6	17 880	1 020	7,79
		400	15	240,0	409 100	7 940	41,3	16 010	801	8,17
			20	280,0	516 200	9 930	42,9	21 350	1 070	8,73
			25	320,0	625 400	11 910	44,2	26 680	1 330	9,13
1 000	15	400	20	310,0	541 200	10 410	41,8	21 360	1 070	8,30
			25	350,0	650 400	12 390	43,1	26 690	1 330	8,73
			30	390,0	761 700	14 370	44,2	32 030	1 600	9,06
		500	20	350,0	645 300	12 410	42,9	41 700	1 670	10,90
			25	400,0	781 800	14 890	44,2	52 110	2 080	11,40
			30	450,0	920 900	17 380	45,2	62 530	2 500	11,80

$g = 0{,}785\,A$ kg/m.

Tabelul 4.49

SECȚIUNI COMPUSE ÎN FORMA DE II
Dimensiuni, mărimi statice



h mm	t_i mm	b_1 / b_2 mm	t_1 / t_2 mm	e_x cm	A_s cm	Axa $x-x$			Axa $y-y$			
						I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	a mm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
200	8	200	10	14,0	52,0	2 430	173	6,83	120	1 980	198	6,17
		+250	8	16,1	72,0	3 210	199	6,68		3 020	242	6,48
	10	200	12	14,0	64,0	3 020	216	6,87		2 490	249	6,24
		+250	10	16,1	89,0	4 100	254	6,79		3 800	304	6,52
250	8	200	10	16,8	60,0	4 340	258	8,50	140	2 860	286	6,90
		+250	8	19,2	80,0	5 710	297	8,45		3 900	312	6,98
	10	200	12	16,7	74,0	5 390	322	8,53		3 620	362	6,99
		+250	10	19,3	99,0	7 250	376	8,56		4 920	394	7,05
300	8	250	10	20,3	73,0	7 550	372	10,2	160	4 690	375	8,01
		+300	8	23,0	97,0	9 790	425	10,0		6 490	433	8,18
	10	250	12	20,2	90,0	9 370	461	10,2		5 900	472	8,10
		+300	10	23,1	120,0	12 350	536	10,1		8 150	543	8,24
350	10	300	12	23,6	106,0	14 940	632	11,9	180	9 020	602	9,23
		+350	12	27,1	148,0	20 150	736	11,7		13 310	761	9,48
	12	300	15	23,9	129,0	18 340	769	11,9		11 130	742	9,29
		+350	12	27,1	171,0	23 900	881	11,8		15 410	881	9,49
400	10	300	12	26,4	116,0	21 210	803	13,5	160	8 490	566	8,55
		+350	12	30,5	158,0	28 530	936	13,4		12 770	730	8,99
	12	350	15	27,3	148,5	27 420	1 000	13,6	200	16 160	923	10,1
		+400	15	31,6	208,5	36 940	1 170	13,3		21 160	1 210	10,8
450	10	300	12	29,1	126,0	28 910	991	15,1	160	9 210	614	8,55
		+350	12	33,5	168,0	38 790	1 160	15,2		13 500	771	8,96
	12	400	15	30,8	168,0	39 090	1 270	15,3	250	26 550	1 330	12,6
		+450	15	35,5	235,5	52 120	1 470	14,9		37 940	1 690	12,7
500	10	300	12	31,8	136,0	38 190	1 200	16,8	160	9 930	667	8,55
		+350	12	36,5	178,0	51 060	1 400	16,9		14 220	813	8,94
	12	400	15	33,6	180,0	51 530	1 530	16,9	250	28 610	1 430	12,60
		+450	15	38,7	217,5	68 650	1 780	16,7		40 000	1 780	12,70

$g = 0785\ A$ kg/m

— În cazul flambajului prin încovoiere-răsucire pentru cea mai mare va loare a coeficientului de zvelteţe (fig. 4.4 *a*, *b*) dintre :

$$\lambda_x = \frac{l_{fr}}{i_x}; \qquad \lambda_{fr} = \pi\sqrt{\frac{EA}{N_{cr}}} \tag{4.12}$$

unde : A este secţiunea brută a barei ;
N_{cr} — forţa critică a flambajului prin încovoiere-răsucire calculată pentru o bară ideală şi care rezultă din :

$$N_{cr} = \frac{1}{2k}\left[N_i + N_r - \sqrt{(N_i + N_r)^2 - 4kN_i \cdot N_r}\right] \tag{4.13}$$

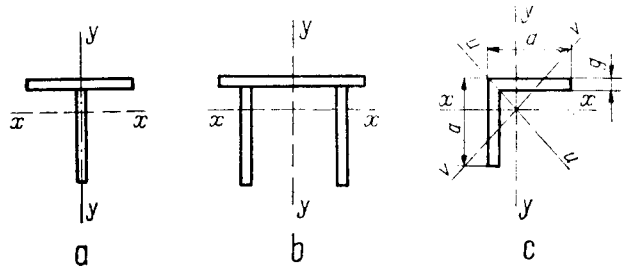


Fig. 4.4.

în care : N_i este forţa critică de flambaj prin încovoiere în raport cu axa $y-y$ şi care se calculează cu :

$$N_i = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu l)^2} \tag{4.14}$$

N_r este forţa critică de flambaj prin răsucire care se calculează cu

$$N_r = \frac{1}{i_0^2}\left[GI_r + \frac{\pi^2 E I_\omega}{(\mu_0 l)^2}\right] \tag{4.15}$$

$$k = 1 - \frac{y_c^2}{i_c^2} \tag{4.16}$$

unde : y_c este distanţa dintre centrul de greutate şi centrul de răsucire al secţiunii

$$i_c^2 = \frac{I_x + I_y}{A} + y_c^2 = i_x^2 + i_y^2 + y_c^2 \tag{4.17}$$

În aceste relaţii s-a notat cu :
I_x şi I_y — momentele de inerţie secţionale faţă de axa $x-x$, respectiv $y-y$;
I_r — momentul de inerţie convenţional la răsucire liberă al secţiunii ;
I_ω — momentul se inerţie sectorial ;
μ şi μ_0 — multiplicatorii lungimii de flambaj la încovoiere respectiv la răsucire. La grinzile cu zăbrele pentru tălpile comprimate se poate lua $\mu = \mu_0 = 1$.

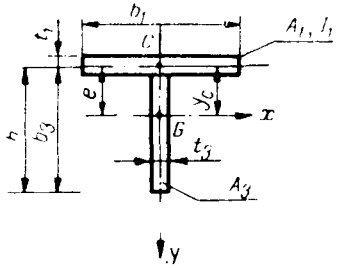
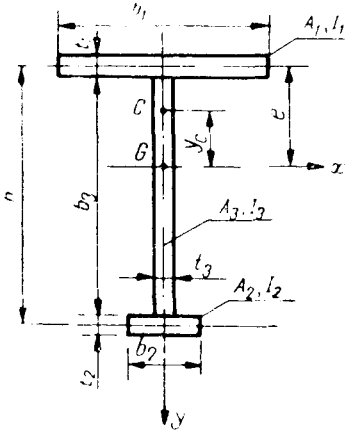
Pentru secțiuni uzuale, în tabelul 4.50 sînt date relații de calcul pentru y_c, I_ω, și r_x.

În cazul unei secțiuni formată dintr-o singură cornieră (fig. 4.4 *c*) se va lua cea mai mare valoare dintre

$$\lambda_v = \frac{l}{i_v} \quad \text{și} \quad \lambda_{tr} = 5{,}1\,\frac{a}{t}. \tag{4.18}$$

Tabelul 4.50

Caracteristici sectoriale pentru secțiuni cu o axă de simetrie

Nr. crt.		y_c cm	$r_x = \sqrt{\frac{\int y\,(x^2+y^2)\,dA}{I_x}}$ cm	I_ω cm^6
1	 $A = A_1 + A_3 \quad \lvert y_c \rvert = \lvert e \rvert$	$-\frac{b_3 t_3}{2A}(b_3 + t_1)$	$\frac{1}{I_x}\left[y_c I_y + A_1 e^3 + \frac{t_3 e^4}{4} - \frac{t_3}{4}(h-e)^4\right]$	$\frac{(bt_1)^3}{144} + \frac{(ht_3)^3}{36}$
2	 $I_1 = \frac{t_1 b_1^3}{12}$; $I_2 = \frac{t_2 b_2^3}{12}$ $I_y = I_1 + I_2$ $I_3 = \frac{t_3 b_3^3}{12}$; $A = A_1 + A_2 + A_3$	$-\frac{1}{I_y}[e I_1 - (h-e) I_2]$	$\frac{1}{I_x}\left[y_c I_y + A_1 e^3 - A_2 (h-e)^3 + \frac{t_3 e^4}{4} - \frac{t_3}{4}(h-e)^4\right]$	$\frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2} \cdot h^2$

În cazul barelor executate cu secțiune variabilă, verificarea secțiunilor se face cu aria maximă a secțiunii A_{max} și cu un moment de inerție echivalent, $I_e = \mu I_{max}$, unde μ se determină din fig. 4.5 în funcție de forma barei și coeficientul $c = \sqrt{I_0/I_{max}}$.

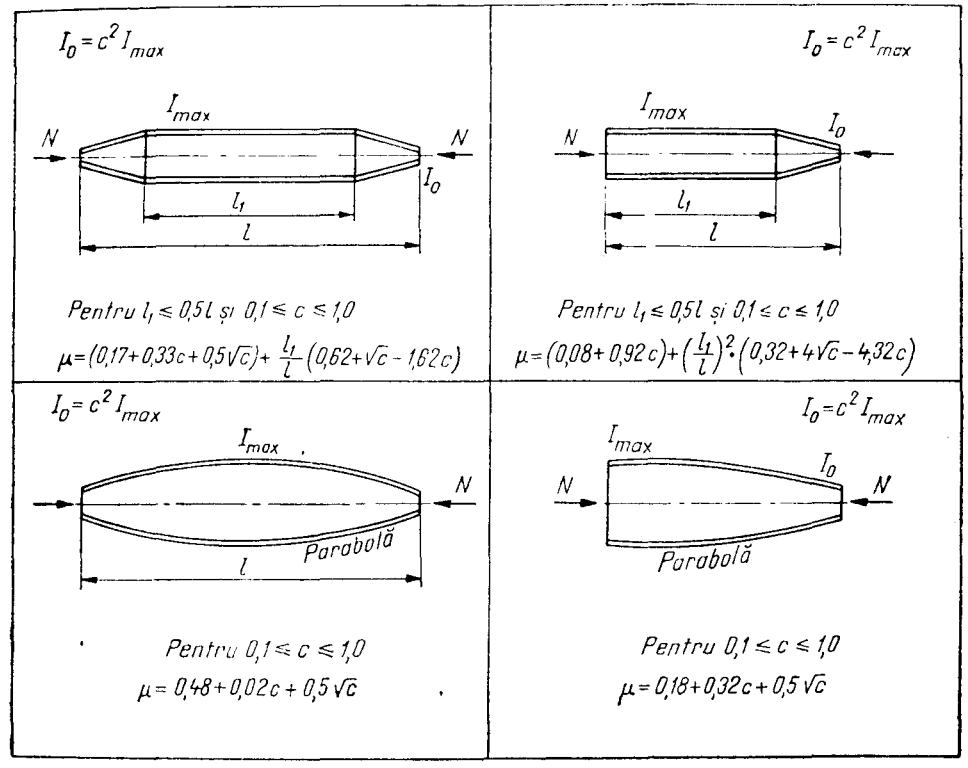


Fig. 4.5.

Condiția de stabilitate locală a elementelor componente ale secțiunii. Pentru ca stabilitatea locală a pereților secțiunilor să fie asigurată trebuie respectate următoarele condiții:

a) la secțiuni simplu T (fig. 4.6)

$$\frac{b'}{t_1} \leqslant k_1 \tag{4.19}$$

$$\frac{h_0}{t_1} \leqslant k_2 \tag{4.20}$$

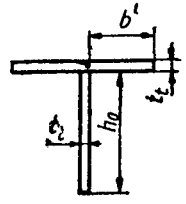


Fig. 4.6

unde k_1 și k_2 rezultă din tabelul 4.51.

Tabelul 4.51

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienții k_1 și k_2 în funcție de marca oțelului și coeficientul de zvelțețe λ									Conform STAS : 10108/0-78
Marca oțelului	λ									
	25		50		75		100		125	
	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2
OL 37	14	15	15	17	16,5	19	18	21	20	23
OL 44	13	14	14	16	15,5	18	17	20	19	22
OL 52	12	13	13	15	14,5	17	16,5	19	18,5	21
OCS 55	11,5	12,5	12,5	14	14	16	16	17	18	20
OCS 58	10,0	10,5	10,5	12	12	14	14	15	15	17

Cînd efortul unitar $\sigma = N/A < R$ valorile coeficienților k_1 și k_2 se pot majora prin multiplicare cu $\sqrt{\varphi R/\sigma} \leqslant 1{,}25$.

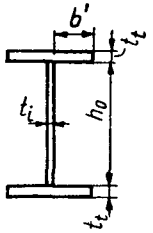


Fig. 4.7.

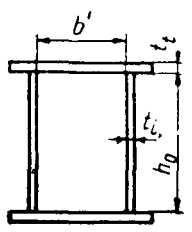


Fig. 4.8.

b) la secțiuni dublu T (fig. 4.7)

— pentru tălpi se folosește relația (4.19) ;

— pentru inimă

$$\frac{h_0}{t_i} \leqslant 40\sqrt{\frac{21}{R}} + 0{,}4\lambda \leqslant 75\,; \qquad (4.21)$$

c) la secțiuni cheson (fig. 4.8)

$$\frac{h_0}{t_i} \leqslant 20\sqrt{4 + 3(1-\beta_t)} \cdot \sqrt{\frac{21}{R}} + 0{,}2\lambda \leqslant 75 \qquad (4.22)$$

cu $\beta_t = \dfrac{bt_i^3}{ht_t^3}$

$$\frac{b}{t_t} \leqslant 20\sqrt{4 + 3(1-\beta_t)}\sqrt{\frac{21}{R}} + 0{,}2\lambda \leqslant 75 \qquad (4.23)$$

cu $\beta_t = \dfrac{ht_t^3}{bt_i^3}$.

În cazul cînd eforturile unitare sînt la limită ($\sigma = N/A = \varphi R$), suplețile determinate cu relațiile (4.21), (4.22) și (4.23) nu vor depăși valoarea 75. Cînd $\sigma < \varphi R$ suplețea limită din relațiile amintite se poate majora prin multiplicare cu $\sqrt{\varphi R/\sigma} \leqslant 90$.

4.1.3.2. Bare cu secțiune compusă din elemente puțin depărtate. Aceste tipuri de secțiuni (fig. 4.9 *a*) sînt tratate ca secțiuni unitare, cu condiția respectării distanței maxime dintre rigidizări $l_1 \leqslant 40\, i_1$.

În cazul barelor cu fururi continue (fig. 4.9, *b*) acestea pot fi luate în considerare în calculele de verificare a rigidității și stabilității, nu însă și în calculul de verificare a rezistenței deoarece furura nu poate fi prinsă în nod.

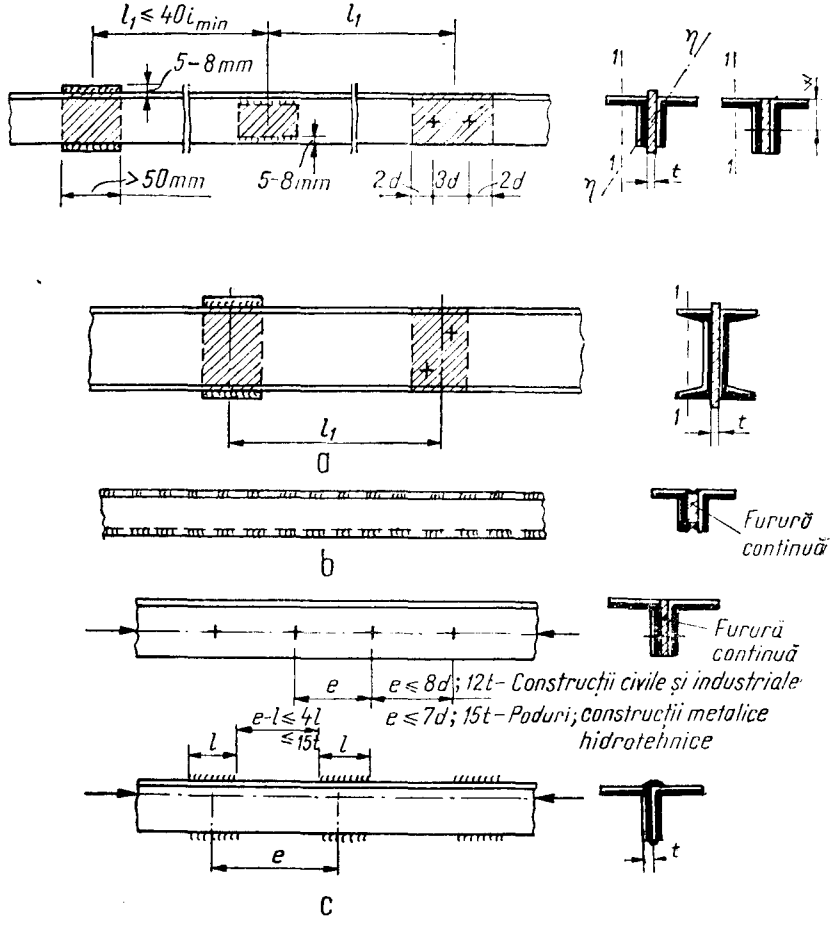


Fig. 4.9.

4.1.3.3. Bare cu secțiune compusă din elemente mult depărtate. Se deosebesc elemente compuse din elemente mult depărtate la care una din cele două axe principale este axă materială, axa $x-x$, iar cealaltă, axa $y-y$, este axă liberă (fig. 4.10) și secțiuni compuse cu ambele axe principale libere (fig. 4.11). Solidarizarea elementelor componente se poate face cu plăcuțe (fig. 4.10, *a*) sau zăbrelușe (fig. 4.10 *b* respectiv fig. 4.11).

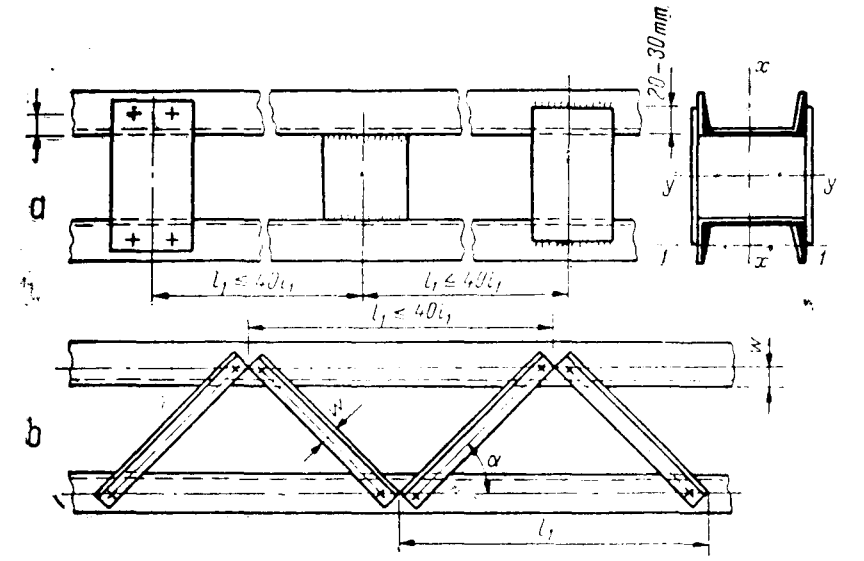


Fig. 4.10.

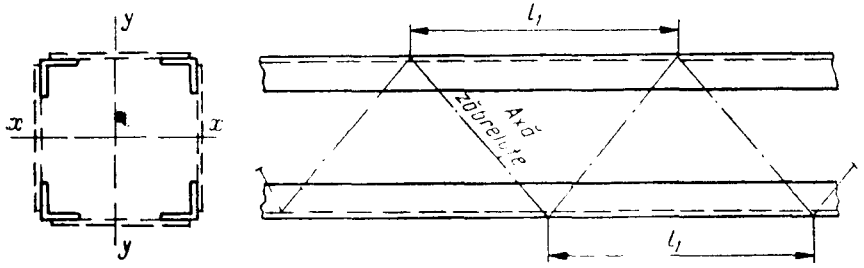


Fig. 4.11.

Față de axa materială $x-x$ secțiunea compusă se tratează ca și secțiunile unitare

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x}. \tag{4.24}$$

Față de axa liberă se determină o zvelțețe transformată

$$\lambda_{tr} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}. \tag{4.25}$$

La secțiunile cu ambele axe libere se calculează

$$\lambda_{trx} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2} \tag{4.26 a, b}$$

$$\lambda_{try} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}.$$

În aceste relații se introduce

$$\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y}; \qquad \lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x}. \tag{4.27 a, b}$$

În cazul solidarizării cu plăcuțe

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{i_1} \leqslant 40 \quad \text{respectiv} \quad \lambda_2 = \frac{l_2}{i_2} \tag{4.28 a, b}$$

unde : l_1 este distanța dintre plăcuțe ;

i_1 respectiv i_2 reprezintă raza de girație a ramurii față de o axă centrală paralelă cu axa liberă față de care se face verificarea.

Trebuie în plus să fie verificată condiția

$$\frac{I_p \cdot l_1}{I_1 \cdot c} \geqslant 5 \tag{4.29}$$

în care : I_p este momentul de inerție al plăcuței ;

I_1 — momentul de inerție secțional al unui element principal în raport cu axa centrală proprie $1-1$ paralelă cu axa liberă ;

c — distanța între axele longitudinale ale elementelor principale.

Dacă relația (4.29) nu este satisfăcută, trebuie luată în considerare și deformabilitatea plăcuțelor.

În cazul solidarizării cu zăbrelițe

$$\lambda_1^2 = n \frac{A}{A_d} \tag{4.30}$$

unde : A este secțiunea totală a barei ;

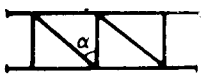
A_d — aria zăbrelițelor în secțiune pe cele două fețe paralele ;

n — un factor care în funcție de sistemul de împărțire și unghiul α, rezultă din tabelul 4.52.

Verificarea condițiilor de rigiditate și stabilitate se face cu aceleași relații date pentru secțiunile unitare.

În afară de verificarea stabilității generale trebuie verificată și stabilitatea unui tronson de element principal între două noduri consecutive ale zăbrelelor.

Tabelul 4.32

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficientul n pentru calculul coeficientului λ_{ef} la solidarizarea cu zăbrelițe						Conform STAS : 10108/0-78
Sistemul zăbrelițelor	Valorile coeficientului n în funcție de sistemul zăbrelițelor și unghiul α în grade						
	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
	45	42	42	42	45	50	55
	27	27	27	27	31	38	45
	27	27	27	27	31	38	45
	27	27	27	27	31	38	45

4.1.4. Solidarizarea secțiunilor barelor comprimate centric

Pentru ca secțiunile formate din mai multe elemente să lucreze ca un tot unitar, este necesară o solidarizare a lor pe lungimea barei.

Pentru elemente alipite, solidarizarea se execută cu nituri plasate la distanțele maxime admise (fig. 4.9, *c*) sau cu cusături de sudură continue sau întrerupte (v. fig. 4.9, *b*).

La barele executate din elemente puțin depărtate solidarizarea se face cu fururi așezate între elemente la distanța $l_1 \leqslant 40\, i_{min}$ una de alta și cel puțin la treimile lungimii barei (v. fig. 4.9, *a*).

Barele cu secțiuni formate din elemente mult depărtate se solidarizează cu plăcuțe sau zăbrelițe (v. fig. 4.10, *a*, *b* și 4.11). În cazul podurilor, solidarizarea cu plăcuțe așezate în cele două fețe libere ale secțiunii se completează și cu o diafragmă așezată între pereții acesteia (fig. 4.12).

Elementele de solidarizare, plăcuțe sau zăbrelițe, se calculează la o forță tăietoare convențională :

— în cazul construcțiilor civile, industriale și agricole

$$T = 0{,}012\, AR \tag{4.31}$$

unde A este secțiunea brută a barei ;

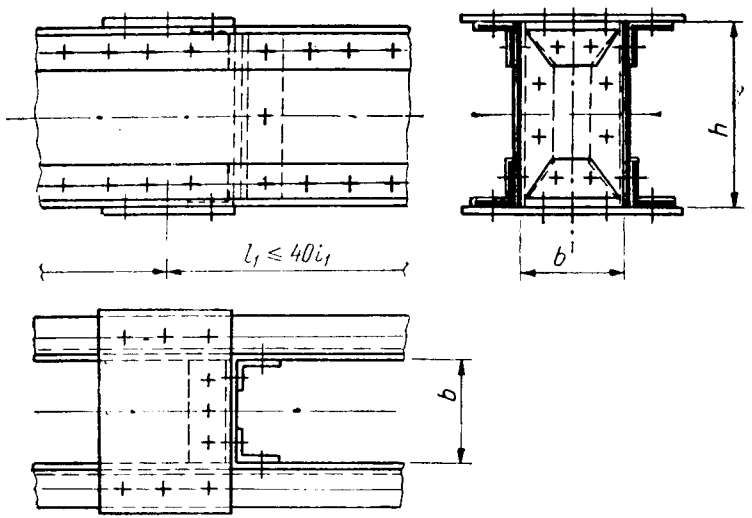


Fig. 4.12.

— în cazul podurilor forța tăietoare se calculează din

$$T = \frac{A\sigma_a}{80} = 0{,}0125\, A\sigma_a. \tag{4.32}$$

Plăcuțele de solidarizare de la același nivel al barei compuse sînt solicitate de momentul încovoietor

$$M_p = \frac{Tl_1}{2} \tag{4.33}$$

și de forța tăietoare

$$T_p = \frac{Tl_1}{c}. \tag{4.34}$$

Aceste solicitări se referă în mod obișnuit la două plăcuțe (dispuse la același nivel) unei plăcuțe revenind $M_{p1} = M_p/2$ și $T_{p1} = T_p/2$.

Dimensiunile aproximative ale plăcuțelor se pot aprecia inițial după următoarele recomandări :

Înălțimea plăcuței h_p

$h_p = (0{,}7 \ldots 1{,}0)c$ la construcții nituite ;

$h_p = (0{,}5 \ldots 0{,}75)\, c$ la construcții sudate.

La poduri pentru plăcuțele extreme

$$h_p \geqslant c.$$

Grosimea plăcuțelor t_p

$$t_p = \left(\frac{1}{15} \dots \frac{1}{25}\right) h_p \quad \text{dar} \quad t_p \geqslant 6 \text{ mm}$$

în cazul podurilor $t_p \geqslant \frac{c}{10}$.

Dacă t_p rezultă mai mare decît 12 mm se pot utiliza în loc de platbande profile U.

Dimensiunile definitive ale plăcuțelor se stabilesc după ce s-a făcut și calculul prinderii lor de bară (v. cap. 9).

Verificarea plăcuțelor se face cu relațiile

$$\sigma = \frac{M_{p1}}{W_{pn}} \leqslant R \quad \text{respectiv} \quad \sigma_a \tag{4.35}$$

$$\tau = \frac{3T_{p1}}{2A_p} \leqslant R_f \quad \text{respectiv} \quad \tau_a. \tag{4.36}$$

În cazul solidarizării cu zăbreluțe așezate în două plane paralele, eforturile axiale se calculează ca într-o grindă cu zăbrele

$$D = \pm \frac{T_p}{2 \sin \alpha}. \tag{4.37}$$

Alcătuirea zăbreluțelor se poate face din oțel lat, oțel cornier sau oțel U. Prinderea se poate executa cu un singur nit sau cu sudură.

4.1.5. Verificarea secțiunii barelor solicitate la compresiune centrică din încărcări repetate

Termenul de comparație din relația (4.10 a), respectiv (4.10 b), se modifică în γR respectiv $\gamma \sigma_a$. Coeficientul de oboseală γ se determină pe baza indicațiilor din cap. 2.

4.1.6. Dimensionarea barelor comprimate excentric

Bare comprimate excentric sau solicitate la compresiune axială și momente de încovoiere se întîlnesc la stîlpi, la riglele cadrelor sau la tălpile comprimate ale grinzilor cu zăbrele încărcate și între nodurile grinzii.

Aceste elemente pot fi executate cu secțiuni simetrice sau nesimetrice.

4.1.6.1. **Alcătuirea secțiunilor.** În fig. 4.13 sînt prezentate cîteva secțiuni de bare solicitate la compresiune excentrică, realizate sub forma secțiunilor unitare sau a secțiunilor compuse din elemente depărtate. Solidarizarea secțiunilor compuse din elemente depărtate se face de regulă cu zăbreluțe.

În funcție de mărimea solicitărilor N și M, de lungimea de flambaj, de condiții de exploatare, barele comprimate excentric se realizează:

— cu secțiune dublu-simetrică (fig. 4.13, *a*, *c*, *d*, *e*), este cazul obișnuit al stîlpilor mici și mijlocii ai halelor industriale și ai clădirilor etajate, precum și al stîlpilor centrali ai halelor industriale;

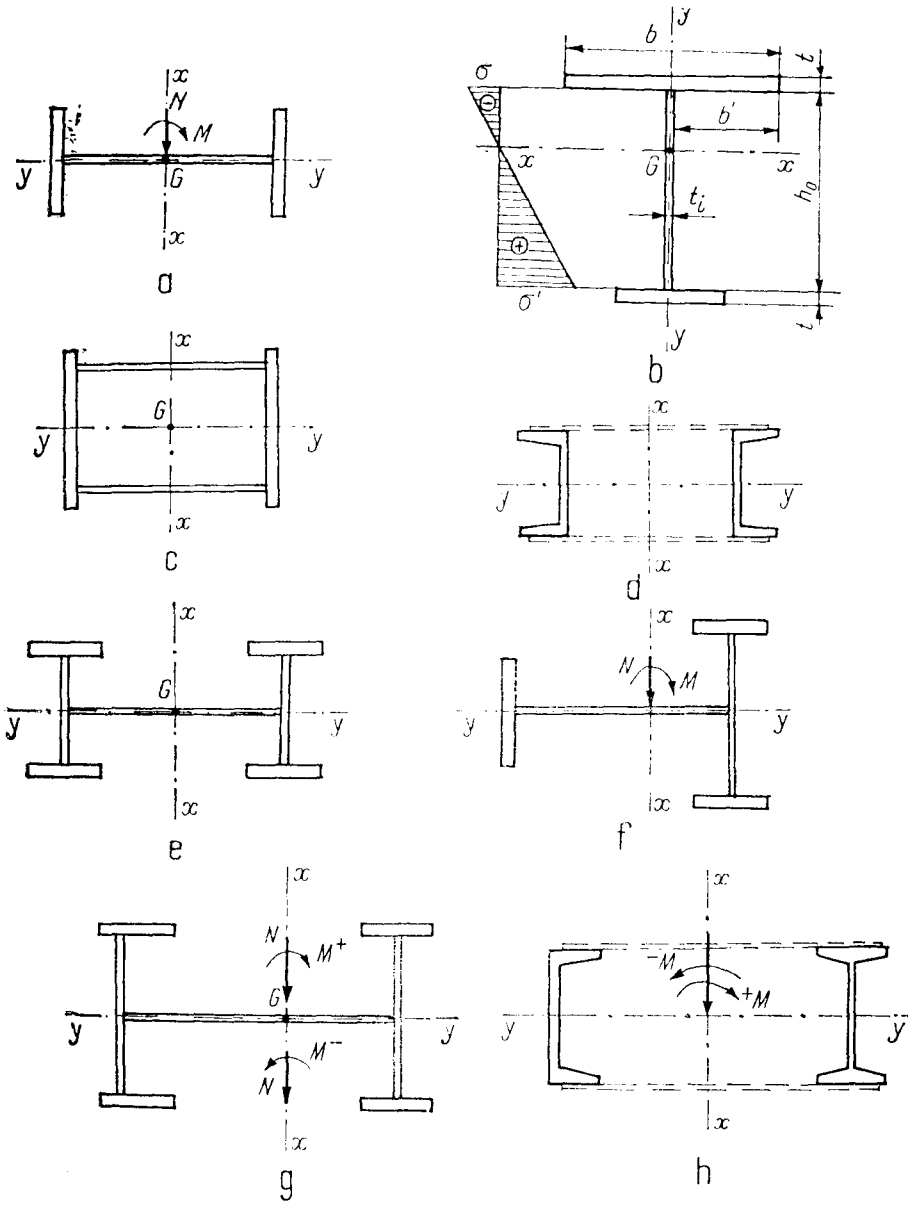


Fig. 4.13.

— cu secțiune mono-simetrică (fig. 4.13, *b*, *f*, *g*, *h*) în cazul stîlpilor marginali ai halelor industriale cu regim greu și foarte greu, a riglelor cadrelor, a tălpilor comprimate ale grinzilor cu zăbrele cu încărcări directe între noduri etc.

4.1.6.2. **Alegerea elementelor componente ale secțiunii.** Alegerea elementelor componente ale secțiunii se face prin încercări succesive.

Dimensiunile principale ale secțiunii transversale se pot aprecia astfel :

1) Stîlpi cu secțiune constantă pentru hale industriale

$$h = \left(\frac{1}{15} \dots \frac{1}{20}\right) H$$

unde H este înălțimea stîlpului măsurată de la placa de bază pînă la punctul de prindere al fermei.

2) Stîlpi cu secțiunea în trepte pentru hale industriale

— partea superioară

$$h_s = \left(\frac{1}{10} \dots \frac{1}{15}\right) H_s ;$$

— partea inferioară

$$h_i = \left(\frac{1}{15} \dots \frac{1}{22}\right) H$$

unde : H_s este înălțimea părții superioare a stîlpului ;

H — înălțimea totală a stîlpului.

Lățimea secțiunii trebuie să fie suficientă pentru asigurarea stabilității stîlpului în afară de planul cadrului și de asemenea pentru a realiza corespunzător baza stîlpului.

Grosimea inimii la secțiunile cu inimă plină (secțiune unitară) se poate aprecia la

$$t_i = \left(\frac{1}{60} \dots \frac{1}{75}\right) h$$

la stîlpii cu solicitări relativ mici și

$$t_i = \left(\frac{1}{100} \dots \frac{1}{1\,\cdot}\right) h$$

la stîlpi cu solicitări mari și care necesită și elemente de rigidizare ale inimii.

Grosimea definitivă a inimii rezultă din verificările de stabilitate locală.

Grosimea tălpilor, în funcție de lățimea liberă b' trebuie să respecte condiția de evitare a pierderii stabilității locale exprimată prin relația (4.19).

4.1.6.3. **Verificarea de rezistență a secțiunii elementelor supuse la compresiune axială și încovoiere.** În cazul încovoierii drepte la barele cu secțiune unitară, verificarea cu metoda după stările limită se face cu

$$\sigma = \frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} \leqslant R \tag{4.38}$$

iar cu metoda rezistențelor admisibile

$$\sigma = \frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} \leqslant \sigma_a \tag{4.39}$$

unde : A_n și W_n sînt secțiunea netă și modulul de rezistență net, calculate cu considerarea slăbirilor din zona întinsă dar cu neglijarea deplasării axei neutre.

În dreptul racordului dintre talpă și inimă se face și verificarea

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leqslant R \tag{4.40}$$

respectiv

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leqslant \sigma_a \tag{4.41}$$

unde : σ și τ sînt efortul unitar normal și tangențial de la nivelul de verificare.

4.1.6.4. **Verificarea stabilității secțiunii barelor solicitate la compresiune excentrică.** Verificarea de stabilitate a barelor cu secțiune unitară trebuie făcută atît în planul momentului (flambaj prin încovoiere) cît și în afară de planul momentului, flambaj prin încovoiere-răsucire (flambaj spațial).

Formula de verificare a flambajului prin încovoiere este

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{C_x M_x}{\left(1 - \frac{N}{A\sigma_E}\right) W_x} \leqslant R \tag{4.42}$$

respectiv

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{C_x M_x}{\left(1 - \frac{N}{A\sigma_E}\right) W_x} \leqslant \sigma_a \tag{4.43}$$

unde : N este forța axială ;

M_x — momentul încovoietor maxim în raport cu axa centrală x, perpendiculară pe axa de simetrie y a secțiunii transversale ;

C_x — coeficient care ține seama de variația momentului încovoietor în lungul barei și de condițiile de rezemare la capete. Dacă capetele barei se pot deplasa perpendicular pe axa barei $C_x = 0{,}85$. Dacă capetele barei sînt fixe, C_x se ia din tabelul 4.53 ;

φ_x — coeficientul de flambaj corespunzător zvelteței :

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x}$$

$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2}$ — efortul unitar Euler al barei ideale (rezultă din tabelul 4.54) ;

W_x — modulul de rezistență referitor la fibra extremă a tălpii comprimate, în raport cu axa x.

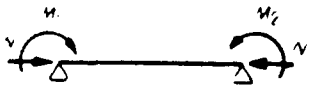
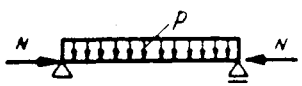
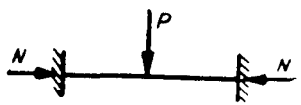
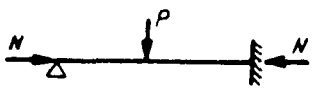
Influența termenului de ordinul doi de la numitorul termenului al doilea poate fi neglijată dacă

$$\frac{N}{\varphi_x A} \leqslant 0{,}15\, R \quad \text{respectiv} \quad 0{,}15\, \sigma_a \tag{4.44}$$

Flambajul prin încovoiere-răsucire, față de axa de simetrie y se verifică cu

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \frac{C_x M_x}{\varphi_x \left(1 - \frac{N}{A\sigma_E}\right) W_x} \leqslant R \tag{4.45}$$

Tabelul 4.53

Construcții civile, industriale și agricole	Coeficienții C_x și C_y							Conform STAS : 10108/0-78
Nr. crt.	Schema statică și de încărcare	Valorile coeficienților C_x și C_y în funcție de schema statică și de încărcare și raportul M_2/M_1							
1	 $\lvert M_1 \rvert \geq \lvert M_2 \rvert$	M_2/M_1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
		C_x, C_y	1,000	0,950	0,901	0,853	0,805	0,758	0,719
		M_2/M_1	0,3	0,2	0,1	0,0	−0,1	−0,2	−0,3
		C_x, C_y	0,669	0,626	0,586	0,548	0,513	0,482	0,455
		M_2/M_1	−0,4	−0,5	−0,6	−0,7	−0,8	−0,9	−1,0
		C_x, C_y	0,434	0,418	0,410	0,409	0,415	0,428	0,447
2		$1-0{,}2\,\frac{N}{A\sigma_E}$							
3		1,0							
4		$1-0{,}6\,\frac{N}{A\sigma_E}$							
5		$1-0{,}3\,\frac{N}{A\sigma_E}$							
6		$1-0{,}4\,\frac{N}{A\sigma_E}$							
7		$1-0{,}4\,\frac{N}{A\sigma_E}$							

Tabelul 4.54

Construcții civile, industriale și agricole	Valorile rezistenței critice Euler $\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ (daN/mm²) în funcție de coeficientul de zvelțețe λ									Conform STAS 10108/0-78
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	∞	207 262	51 816	23 029	12 954	8 290	5 757	4 230	3 238	2 559
10	2 073	1 713	1 439	1 226	1 057	921	810	717	640	574
20	518,16	469,98	428,23	391,80	359,83	331,62	306,60	284,31	264,36	246,45
30	230,29	215,67	202,40	190,32	179,29	169,19	159,92	151,40	143,53	136,27
40	129,54	123,30	117,50	112,09	107,06	102,35	97,95	93,83	89.96	86,32
50	82,90	79,69	76,65	73,78	71,08	68,52	66,09	63,79	61,61	59,54
60	57,57	55,70	53,92	53,22	50,60	49,06	47,58	46,17	44,82	43,53
70	42,30	41,12	39,98	38,89	37,85	36,85	35,88	34,96	34,07	33,21
80	32,38	31,59	30,82	30,09	29,37	28,69	28,02	27,38	26,76	26,17
90	25,59	25,03	24,49	23,96	23,46	22,97	22,49	22,03	21,58	21,15
100	20,73	20,32	19,92	19,54	19,16	18,80	18,45	18,10	17,77	17,44
110	17,13	16.82	16,52	16,23	15,95	15,67	15,40	15,14	14,89	14,64
120	14,39	14,16	13,93	13,70	13,48	13,26	13,06	12,85	12,65	12,45
130	12,26	12,08	11,90	11,72	11,54	11,37	11,21	11,04	10,88	10,73
140	10,57	10,43	10,28	10,14	10,00	9,86	9,72	9,59	9,46	9,34
150	9,21	9,09	8,97	8,85	8,74	8,63	8,52	8,41	8,30	8,20
160	8,10	8,00	7,90	7,80	7,71	7,61	7,52	7,43	7,34	7,26
170	7,17	7,09	7,01	6,93	6,85	6,77	6,69	6,62	6,54	6,47
180	6,40	6,33	6,26	6,19	6,12	6,06	5,99	5,93	5,86	5,80
190	5,74	5,68	5,62	5,56	5,51	5,45	5,40	5,34	5,29	5,23
200	5,18	5,13	5,08	5,03	4,98	4,93	4,88	4,84	4,79	4,74
210	4,70	4,66	4,61	4,57	4,53	4,48	4,44	4,40	4,36	4,32
220	4,28	4,24	4,21	4,17	4,13	4,09	4,06	4,02	3,99	3,95
230	3,92	3,88	3,85	3,82	3,79	3,75	3,72	3,69	3,66	3,63
240	3,60	3,57	3,54	3,51	3,48	3,45	3,42	3,40	3,37	3,34
250	3,32	3,29	3,26	3,24	3,21	3,19	3,16	3,14	3,11	3,09

respectiv

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \frac{C_x M_x}{\varphi_g \left(1 - \frac{N}{A\sigma_E}\right) W_x} \leqslant \sigma_a \qquad (4.46)$$

unde : φ_y este coeficientul de flambaj care corespunde coeficientului de zvelțețe

$$\lambda_y = \frac{\mu l}{i_y} = \frac{l_{fy}}{i_y}\,; \qquad (4.47)$$

φ_g — rezultă din tabelele coeficienților de flambaj în funcție de λ_{tr}. Coeficientul de zvelțețe transformat se obține din

$$\lambda_{tr} = \gamma \lambda_y / \sqrt{\xi}. \qquad (4.48)$$

Pentru secțiunile dublu simetrice valoarea coeficientului γ rezultă din tabelul 4.55 în funcție de $\frac{I_r l^2}{I_y h^2}$.

Tabelul 4.55

Construcții civile, industriale și agricole		Valorile coeficientului γ din relația (4.48) în funcție de :															Conform STAS 10108/0-78		
Încărcarea acționează la :	Multiplicatorul de flambaj μ	$\frac{I_r}{I_y}\left(\frac{l}{h}\right)^2$ egal cu :																	
		0,05	0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10	15	20	30	50	75	100	150	200	250	300	
		Coeficientul γ egal cu :																	
Talpa superioară	1,0	1,018	1,015	0,993	0,969	0,926	0,834	0,739	0,679	0,635	0,576	0,506	0,455	0,422	0,379	0,351	0,331	0,316	
	0,7	0,904	0,903	0,894	0,884	0,868	0,819	0,762	0,719	0,685	0,636	0,571	0,521	0,487	0,441	0,411	0,388	0,371	
	0,5	0,852	0,851	0,848	0,843	0,834	0,811	0,777	0,750	0,726	0,688	0,633	0,587	0,553	0,507	0,474	0,450	0,431	
Axa neutră	1,0	0,798	0,797	0,785	0,771	0,747	0,693	0,632	0,592	0,561	0,518	0,464	0,424	0,396	0,360	0,336	0,318	0,304	
	0,7	0,799	0,798	0,793	0,785	0,772	0,733	0,694	0,661	0,634	0,594	0,540	0,497	0,467	0,426	0,398	0,378	0,362	
	0,5	0,800	0,799	0,796	0,792	0,785	0,765	0,737	0,713	0,693	0,659	0,610	0,568	0,538	0,494	0,464	0,442	0,424	
Talpa inferioară	1,0	0,626	0,626	0,620	0,614	0,603	0,575	0,541	0,516	0,496	0,466	0,427	0,395	0,372	0,342	0,321	0,306	0,293	
	0,7	0,707	0,706	0,702	0,698	0,688	0,664	0,632	0,607	0,587	0,555	0,510	0,473	0,447	0,411	0,386	0,367	0,353	
	0,5	0,751	0,750	0,748	0,745	0,739	0,722	0,698	0,678	0,660	0,631	0,583	0,550	0,522	0,483	0,455	0,433	0,416	

Pentru secțiunile cu o singură axă de simetrie coeficientul γ din relația (4.48) devine γ_1 și rezultă din

$$\gamma_1 = \sqrt{\frac{I_x}{eA\left[\sqrt{\left(0{,}506v\mu^2+\frac{r_x}{3}-y_c\right)^2+c^2}-\left(0{,}506\,v\mu^2+\frac{r_x}{3}-y_c\right)\right]}} \tag{4.49}$$

unde :

$$c^2 = \frac{\left(\frac{\mu \cdot l}{\mu_0 l_0}\right)^2 I_\omega + 0{,}039\mu^2 l^2 I_r}{I_y} \tag{4.50}$$

$$r_x = \int_A \frac{y\,(x^2+y^2)\,dA}{I_x}\,. \tag{4.51}$$

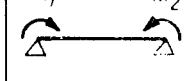
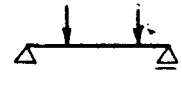
v este distanța de la nivelul de aplicare a încărcării pînă la axa barei.

Cu λ_y din relația (4.47) și γ_1 din (4.49), se obține

$$\lambda_{tr} = \gamma_1 \frac{\lambda_y}{\sqrt{\xi}}, \tag{4.48a}$$

unde atît în relația (4.48) cît și în (4.48 a), ξ reprezintă un coeficient ale cărui valori sînt date în tabelul 4.56.

Tabelul 4.56

Construcții civile, industriale și agricole	Valorile coeficientului ξ pentru calculul lui λ_{tr} (4.48a), în funcție de :								Conform STAS : 10108/0-78
Schema de încărcare	ξ	Schema de încărcare	$\frac{M_2}{M_1}$	ξ	$\frac{M_2}{M_1}$	ξ	$\frac{M_2}{M_1}$	ξ	
	1,12		1,0	1,000	0,5	1,300	0,0	1,750	
			0,9	1,048	0,4	1,378	−0,1	1,858	
	1,35		0,8	1,102	0,3	1,462	−0,2	1,972	
			0,7	1,162	0,2	1,552	−0,3	2,092	
	1,11	$\lvert M_1\rvert \geqslant \lvert M_2\rvert$	0,6	1,228	0,1	1,648	−0,4	2,218	
							$\leqslant -0{,}5$	2,300	

Observații — Încărcările sînt considerate aplicate în axa neutră.

— Expresia analitică pentru calculul lui ξ este : $\xi = 1{,}75 - 1{,}05\frac{M_2}{M_1} + 0{,}30\left(\frac{M_2}{M_1}\right)^2 \leqslant 2{,}3$.

În cazul încovoierii oblice stabilitatea barei se verifică cu relația

$$\frac{N}{\varphi_{min} A} + \frac{C_x M_x}{\varphi_g \left(1 - \frac{N}{A \sigma_E}\right) W_x} + \frac{C_y M_y}{\left(1 - \frac{N}{A \sigma_E}\right) W_y} \leqslant 1{,}1\, R \qquad (4.52)$$

$$\frac{N}{\varphi_{min} A} + \frac{C_x M_x}{\varphi_g \left(1 - \frac{N}{A \sigma_E}\right) W_x} + \frac{C_y M_y}{\left(1 - \frac{N}{A \sigma_E}\right) W_y} \leqslant 1{,}1\, \sigma_a \qquad (4.53)$$

unde : N, M_x, φ_g, σ_E și C_x au semnificațiile din aliniatul precedent.

M_y este momentul încovoietor în raport cu axa y.

C_y are aceeași semnificație ca și C_x. În cazul cînd capetele sînt fixe C_y se ia din tabelul 4.53.

W_y este modulul de rezistență referitor la fibra extremă a tălpii comprimate în raport cu axa y.

Dacă capătul superior al barei este deplasabil în planul $y-y$, termenul al doilea din relația (4.52) se calculează în două alternative dintre care se ia cea mai defavorabilă :

— cu $C_x = 0{,}85$ și $\varphi_g = 1$;

— cu C_x determinat din tabelul 4.53 pentru capete de bară fixe și φ_g cu valoarea corespunzătoare coeficientului de zvelțețe transformat așa cum s-a arătat mai înainte.

4.1.6.5. **Verificarea stabilității locale.** În cazul elementelor solicitate la compresiune cu încovoiere, în mod obligatoriu trebuie verificată și stabilitatea locală a elementelor componente.

Stabilitatea locală a tălpilor (suplețea b'/t) se verifică cu relațiile (4.19) și (4.20).

În cazul inimilor, dacă :

$$\psi = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma} \leqslant 0{,}5 \qquad (4.54)$$

în care : σ și σ' se iau, conform fig. 4.13, *b*, cu semnele lor, suplețea h_0/t se determină cu relațiile (4.21) și (4.22).

Eforturile unitare σ și σ' se obțin din relațiile

$$\sigma\,;\ \sigma' = \frac{N}{A} \pm \frac{M h_0}{2 I_x}. \qquad (4.55)$$

Dacă $\psi \geqslant 1$ stabilitatea locală a inimii se determină cu relația

$$\frac{h_0}{t_i} \leqslant 100 \sqrt{\frac{2 k_3}{\sigma (2 - \psi) + \sqrt{\psi^2 + 4\beta^2}}} \qquad (4.56)$$

unde : $\beta = 0{,}07\, k_3\, \tau/\sigma$, iar τ și σ se introduc în daN/mm² ;

k_3 este un coeficient ce se ia din tabelul 4.57.

Tabelul 4.57

Construcții civile, industriale și agricole	Valorile coeficientului k_3 în funcție de ψ				Conform STAS : 10108/0-78	
$\psi = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma'}$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
k_3	22,2	26,7	32,6	42,0	52,5	63,0

Dacă $0{,}5 < \psi < 1$, raportul h_0/t_i se determină prin interpolarea liniară între valorile $\psi = 0{,}5$ și $\psi = 1{,}0$.

În cazul barelor din țevi, solicitate la compresiune centrică sau excentrică, dacă este satisfăcut raportul :

$$d/t \geqslant 70 \frac{2\,400}{\sigma_c} \qquad (4.57)$$

atunci este asigurată stabilitatea locală a pereților.

Verificarea stabilității locale a pereților țevilor se face cu relația

$$\sigma \leqslant \sigma_{cr}/c \qquad (4.58)$$

în care : $\sigma_{cr} = 0{,}4\, E \frac{t}{d}$, iar c este coeficientul de siguranță.

4.1.6.6. **Bare cu secțiune compusă solidarizate cu zăbrelușe.** Ca și în cazul precedent, verificarea stabilității trebuie făcută atît în planul momentului cît și în afara acestui plan.

Verificarea în planul momentului se face cu aceeași relație (4.42) dată la barele cu secțiune unitară cu diferența că coeficientul φ_x corespunde coeficientului de zvelțețe transformat care rezultă din relațiile (4.25) și (4.30).

Verificarea în afara planului momentului se face ca și în cazul secțiunilor unitare cu relația (4.45) în care se ia : $\varphi_g = 1$ deoarece prin solidarizarea cu zăbrele așezate în două plane paralele, răsucirea secțiunii în ansamblu este împiedicată.

Dimensionarea zăbrelelor se face la o forță tăietoare

$$Q = T_p + T \qquad (4.59)$$

unde : T_p este forța tăietoare din forțele aplicate pe bară ;

T — forța tăietoare convențională datorită flambajului și care rezultă din relația (4.31).

În afară de verificarea stabilității generale a stîlpului se face și o verificare a ramurii elementului principal cu efortul de compresiune maxim și cu o lungime de flambaj egală cu distanța dintre nodurile zăbrelelor.

4.2. Exemple de calcul

Exemplul 4.1. Pentru ferma unei hale industriale cu deschiderea de 36,0 m să se dimensioneze cu metoda rezistențelor admisibile talpa superioară din panoul *9—11* (fig. 4.14). Execuție sudată din OL 52.

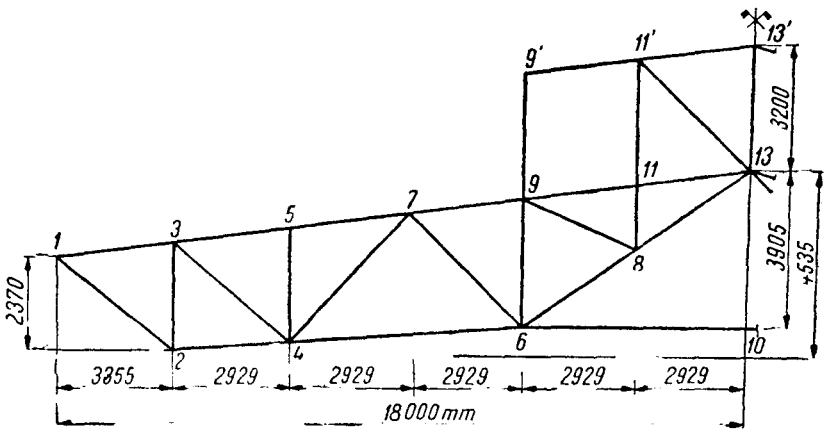


Fig. 4.14.

Rezolvare

Din calcul static sînt cunoscute solicitările în bara *9—11*:

N_g (încărcare permanentă)	405 kN
N_p (praf metalurgic)	132 kN
N_z (încărcarea cu zăpadă)	410 kN
N_{zg} (încărcarea cu zăpadă aglomerată)	389 kN
N_c (încărcarea din efectul de cadru).	65 kN.

Efortul din încărcarea cu zăpadă aglomerată N_{zg} este mai mic decît din încărcarea cu zăpadă N_z, deoarece în cazul aglomerării pe lățimea luminatorului nu se ia zăpada.

Lungimea teoretică a barei $l_{9-11}=295$ cm.

Vor fi studiate patru variante de alcătuire a secțiunii:

— din două corniere puțin depărtate cu $t_g=10$ mm;
— din două profile U puțin depărtate cu $t_g=10$ mm;
— din două profile U formînd o secțiune cheson;
— din benzi din tablă formînd o secțiune T sudată.

Stabilirea elementelor de calcul:

— Solicitarea maximă, hotărîtoare pentru dimensionare, rezultă în combinația de încărcare fundamentală plus suplimentară $N=-[405+132+410+65]=-1\,012$ kN.
— Rezistența admisibilă pentru construcții industriale, ipoteza II (v. cap. 2) este $\sigma_a=2\,700$ daN/cm².
— Lungimea de flambaj $l_{fx}=l_{fy}=295$ cm.

A. *Secțiune formată din două corniere* (fig. 4.15).

Alegerea secțiunii. Coeficientul de profil din tabelul 4.30 rezultă $K_x=5{,}50$. Din relația (4.5) se obține

$$\xi=\sqrt{\frac{5{,}5\cdot 295^2\cdot 2\,700}{101\,200}}=113.$$

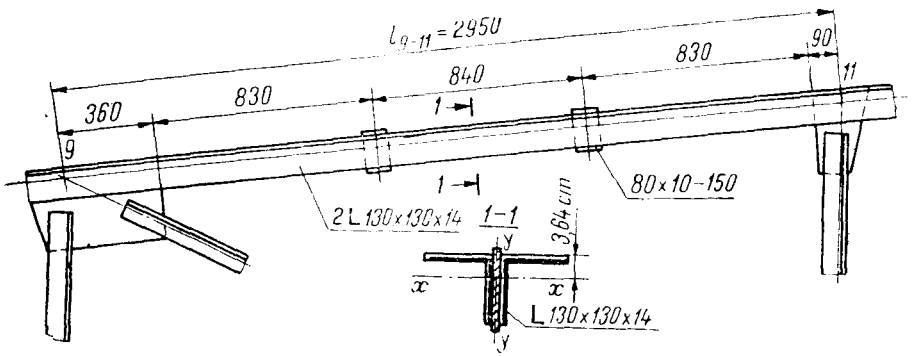


Fig. 4.15.

Pentru oțel OL 52 cu $R_c=3\,600$ daN/cm² și curba *C* din tabelul 4.32 se obține

$\lambda\approx 81$ și din tabelul 4.19 rezultă $\varphi_c=0{,}501$.

Aria necesară rezultă

$$A_{nec}=\frac{101\,200}{0{,}501\cdot 2\,700}=74{,}8\ \text{cm}^2.$$

Această arie este satisfăcută de două corniere L 130×130×14 (v. tabelul 1.17) cu:

$$A=2\cdot 34{,}7=69{,}4\ \text{cm}^2;\qquad i_x=3{,}94\ \text{cm}.$$

Verificarea secțiunii. Condiția de rigiditate (4.8), în raport cu axa *x—x* (fig. 4.15) este

$$\lambda_x=\frac{295}{3{,}94}=75<\lambda_a=120.$$

Față de axa *y* nu este necesară verificarea rigidității deoarece $i_y=5{,}78$ cm este mai mare decît $i_x=3{,}94$ cm.

Pentru asigurarea conlucrării elementelor componente ale secțiunii se prevăd solidarizări la distanța minimă:

$$l_1=40\,i_1=40\cdot 3{,}92=156{,}8\ \text{cm}$$

deci două rigidizări la treimi (v. fig. 4.15).

Verificarea stabilității. Coeficientului de zvelțețe $\lambda_x=75$ îi corespunde în tabelul 4.19 $\varphi_c=0{,}544$

$$\sigma=\frac{101\,200}{0{,}544\cdot 69{,}4}=2\,680\ \text{daN/cm}^2<\sigma_a=2\,700\ \text{daN/cm}^2.$$

Condițiile constructive. Pericolul de coroziune fiind redus, distanța dintre cele două profile de 10 mm este aproximativ egală cu cea prescrisă $\left(\frac{h}{10}\right)$ în cap. 2.

B. *Secțiune formată din două profile* U *alăturate* (fig. 4.16).

Alegerea secțiunii. Coeficientul de profil (din tabelul 4.30), în raport cu cele două axe este

$$K_x=1{,}20\,;\qquad K_y=6{,}70.$$

Din relația (4.5)

$$\xi=\sqrt{\frac{6{,}7\cdot 295^2\cdot 2\,700}{101\,200}}=124{,}7.$$

Din tabelul 4.32 pentru OL 52 curba *C* rezultă

$$\lambda_y=85\quad\text{și}\quad\varphi_c=0{,}474\ \text{(tabelul 4.19)}.$$

Aria necesară se obține din relația (4.3)

$$A_{nec}=\frac{101\,200}{0{,}474\cdot 2\,700}=79{,}0\ \text{cm}^2.$$

Din tabelul 1.15 se alege secțiunea din 2 U 24 pentru care din tabelul 4.45, rezultă

$$A=84{,}6\ \text{cm}^2;\quad i_x=9{,}22\ \text{cm};\quad i_y=3{,}65\ \text{cm};\quad i_1=2{,}42\ \text{cm}.$$

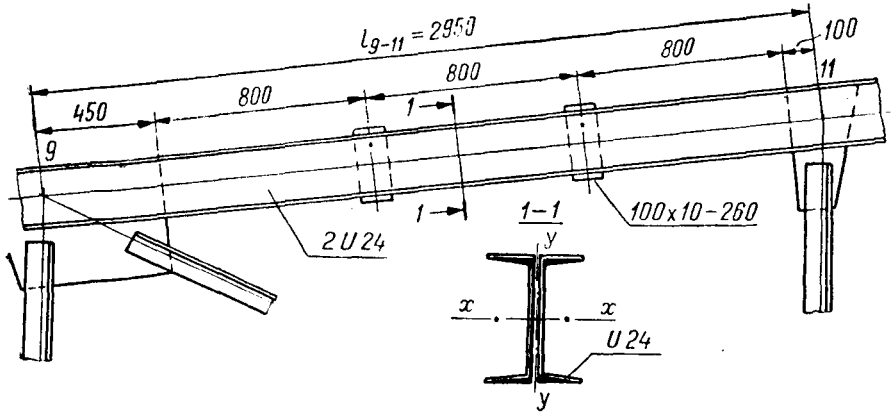


Fig. 4.16.

Verificarea stabilității

$$\lambda_y=\frac{295}{3{,}65}\approx 81\qquad\varphi_c=0{,}501$$

$$\sigma=\frac{101\,200}{0{,}501\cdot 84{,}6}=2\,388\ \text{daN/cm}^2<\sigma_a=2\,700\ \text{daN/cm}^2.$$

Profilul imediat inferior, U 22, nu satisface condiția de stabilitate.

Pentru asigurarea conlucrării elementelor componente ale secțiunii, solidarizările se așază la o distanță mai mică decît

$$l_1=40\,i_1=40\cdot 2{,}42=97\ \text{cm}\ \text{(v. fig. 4.16)}.$$

C. *Secțiune compusă din două profile* U *formînd un cheson* (fig. 4.17).

Alegerea secțiunii. Coeficientul de profil din tabelul 4.30 rezultă

$$K_x=1{,}20\quad\text{și}\quad K_y=1{,}90.$$

Din relația (4.5) se obține

$$\xi=\sqrt{\frac{1{,}9\cdot 295^2\cdot 2\,700}{101\,200}}=66.$$

Din tabelul 4.32 pentru OL 52 curba *B*, rezultă $\lambda_y=58$ și din tabelul 4.18 se obține

$$\varphi_B=0{,}757.$$

Cu acestea :

$$A_{nec}=\frac{101\,200}{0{,}757\cdot 2\,700}=49{,}5\ \text{cm}^2.$$

Se alege din tabelul 1.15 secțiunea formată din 2 U16 cu distanța $l_g=10$ mm, pentru care din tabelul 4.46 rezultă

$$A=48{,}0\ \text{cm}^2;\quad i_x=6{,}21\ \text{cm};\quad i_y=5{,}49\ \text{cm}.$$

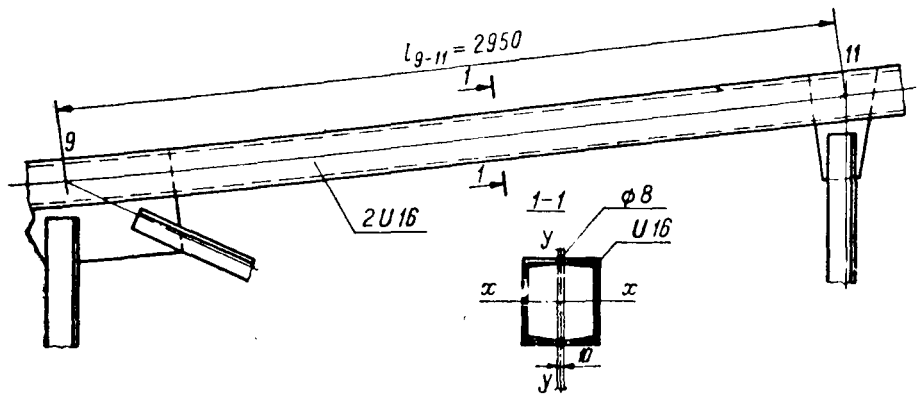


Fig. 4.17.

Verificarea secțiunii

$\lambda_y = \frac{295}{5,49} \approx 54$ în funcție de care rezultă $\varphi_B = 0,790$ (din tabelul 4.18)

$$\sigma = \frac{101\,200}{0,79 \cdot 48,0} = 2\,669 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a = 2\,700 \text{ daN/cm}^2.$$

Rostul dintre cele două profile U, între gusee, va fi închis prin sudarea unei bare din ∅8.

D. *Secțiune* T *din benzi sudate*

Deoarece față de axa y (axa de simetrie), flambajul se produce prin încovoiere-răsucire, nu mai poate fi aplicată metoda aproximativă de dimensionare.

După unele încercări se propune secțiunea din fig. 4.18, *a-c*.

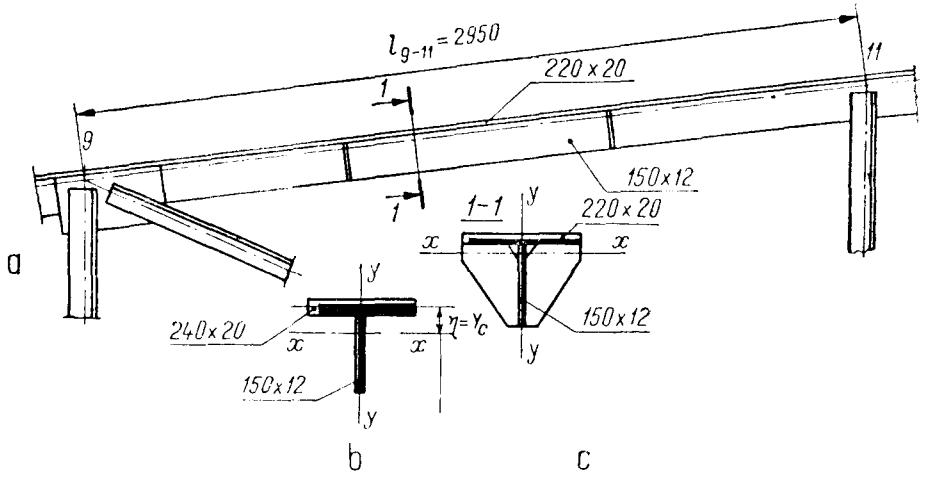


Fig. 4.18.

Cu dimensiunile date în fig. 4.18 se obține

$$A = 15 \cdot 1,2 + 24 \cdot 2 = 66,0 \text{ cm}^2$$

$$\eta = \frac{18 \cdot 8,5}{66} = 2,32 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1,2 \cdot 15^3}{12} + 18(7,5 + 1 - 2,32)^2 + \frac{24 \cdot 2^3}{12} + 48 \cdot 2,32^2 = 337 + 687 + 16 + 258 = 1\,298 \text{ cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{1\,298}{66}} = 4,43 \text{ cm}.$$

$$I_y = \frac{15 \cdot 1,2^3}{12} + \frac{2 \cdot 24^3}{12} = 2 + 2\,304 = 2\,306 \text{ cm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{2\,306}{66}} = 5,91 \text{ cm}.$$

Din relația (4.14) cu $\mu = 1$ rezultă

$$N_i = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 2\,306}{295^2 \cdot 100} = 5\,483 \text{ kN}.$$

Pentru a calcula pe N_r din relația (4.15) se determină mai întîi

$$I_r = \frac{1}{3}(15 \cdot 1,2^3 + 24 \cdot 2^3) = 72,64 \text{ cm}^4$$

$$y_c = \eta = 2,32 \text{ cm}.$$

$$i_c^2 = \frac{1\,298 + 2\,306}{66} + 2,32^2 = 54,61 + 5,38 = 60 \text{ cm}^2.$$

$$k = 1 - \frac{2,32^2}{60} = 0,91$$

$$I_\omega = 0$$

$$N_r = \frac{1}{60}\,[8,1 \cdot 10^5 \cdot 72,64]\,\frac{1}{100} = 9\,806 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \frac{1}{2 \cdot 0,91}[5\,483 + 9\,806 - \sqrt{15\,289^2 - 4 \cdot 0,91 \cdot 5\,483 \cdot 9\,806}] =$$

$$= \frac{1}{1,82}[15\,289 - 6\,168] = 5\,011 \text{ kN}.$$

Cu relația (4.12) se poate calcula coeficientul de zvelțețe transformat:

$$\lambda_{tr} = 3,14\sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 66}{501\,100}} = 52$$

și coeficientul de zvelțețe în raport cu axa $x-x$ (v. fig. 4.18)

$$\lambda_x = \frac{295}{4,43} = 67 > \lambda_{tr}.$$

Deoarece $\lambda_x > \lambda_{tr}$, coeficientul de flambaj se va lua în funcție de λ_x din curba *C* și rezultă:

$$\varphi_c = 0,605$$

$$\sigma = \frac{101\,200}{0,605 \cdot 66} = 2\,534 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a = 2\,700.$$

Avînd în vedere că rezistența admisă nu a fost atinsă se încearcă o nouă soluție de secțiune la care platbanda superioară se ia 220×20 și se calculează mărimile:

$$A = 15 \cdot 1,2 + 22 \cdot 2 = 62,0 \text{ cm}^2$$

$$\eta = \frac{18 \cdot 8,5}{62} = 2,47 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1,2 \cdot 15^3}{12} + 18(7,5+1-2,47)^2 + \frac{22 \cdot 2^3}{12} + 44 \cdot 2,47^2 =$$

$$= 337 + 654 + 15 + 268 = 1\,274 \text{ cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{1\,274}{62}} = 4,53 \text{ cm}.$$

$$I_y = \frac{15 \cdot 1,2^3}{12} + \frac{2 \cdot 22^3}{12} = 2 + 1\,775 = 1\,777 \text{ cm}^4.$$

$$i_y = \sqrt{\frac{1\,777}{62}} = 5,35 \text{ cm}.$$

$$N_t = \frac{3 \cdot 14^2 \cdot 21\,000 \cdot 1\,777}{295^2} = 4\,228 \text{ kN}$$

$$I_r = \frac{1}{3}(15 \cdot 1,2^3 + 22 \cdot 2,0^3) = 67,3 \text{ cm}^4$$

$$y_c = \eta = 2,47 \text{ cm}$$

$$i_c^2 = \frac{1\,274 + 1\,777}{62} + 2,47^2 = 55,31 \text{ cm}^2$$

$$k = 1 - \frac{2,47^2}{55,31} = 0,89$$

$$I_\omega = 0$$

$$N_r = \frac{1}{55,31}[8\,100 \cdot 67,3] = 9\,856 \text{ kN}$$

$$N_t + N_r = 4\,228 + 9\,856 = 14\,084 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = \frac{1}{2 \cdot 0,89}[14\,084 - \sqrt{14\,084^2 - 4 \cdot 0,89 \cdot 4\,228 \cdot 9\,856}] =$$

$$= \frac{1}{1,78}[14\,084 - 7\,072] = 3\,939 \text{ kN}$$

$$\lambda_{tr} = 3,14\sqrt{\frac{21\,000 \cdot 62}{3\,939}} = 57$$

$\lambda_x = \frac{295}{4,53} = 65 > \lambda_{tr}$, deci intervine flambajul față de axa x, iar coeficientul de flambaj se ia din curba C în funcție de $\lambda_x = 65$:

$$\varphi_c = 0,622$$

$$\sigma = \frac{101\,200}{0,622 \cdot 62} = 2\,624 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a = 2\,700 \text{ daN/cm}^2.$$

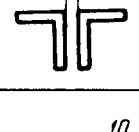
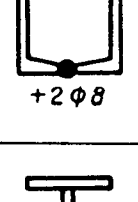
Stabilitatea elementelor componente este asigurată, conform tabelului 4.5[illegible]

— inimă $h_0 = k_2 t_1 = 16 \cdot 1,2 = 19,2 > 15$ cm

— talpă $b' = k_1 t_t = 14 \cdot 2,0 = 28 > \frac{22 - 1,2}{2} = 10,4$ cm.

Concluzii. Comparînd cele patru soluții de alcătuire a secțiunii tălpii componente, din tabelul următor rezultă eficiența soluției C, cheson format din două profile U. În coloana a treia sînt trecute sporurile de secțiune în procente față de secțiunea chesonată.

TABEL COMPARATIV

Nr. crt.	Forma secțiunii	Aria cm²	Diferența în procente față de secțiunea de la nr. crt. 3
1		69,4	42%
2		84,6	73%
3		48+1=49	—
4		62	27%

Exemplul 4.2. Aceeași bară specificată în exemplul 4.1 (talpa superioară din panoul *9—11* a fermei din fig. 4.14) să se dimensioneze cu metoda după stările limită. Execuție sudată, din OL 52, cu rezistența de calcul $R = 3\,000$ daN/cm².

Rezolvare

Stabilirea efortului de calcul :

$$n_g N_g = 1{,}1 \cdot 405 = 445{,}5 \text{ kN}$$
$$n_p N_p = 1{,}4 \cdot 132 = 184{,}0 \text{ kN}$$
$$n_z N_z = 1{,}4 \cdot 410 = 574{,}0 \text{ kN}$$
$$n_c N_c = 1{,}2 \cdot 65 = 78{,}0 \text{ kN}$$
$$N_{\text{I}} = 445{,}5 + 574{,}0 = 1\,019{,}5 \text{ kN}$$
$$N_{\text{II}} = 445{,}5 + 0{,}9(574 + 184{,}0 + 78) = 1\,197{,}9 \text{ kN}$$

Efortul de calcul hotărîtor este așadar N_{II}.

Cu aceste date, secțiunile adoptate în exemplul 4.1 conduc la următoarele rezultate :

A. *Secțiune formată din două corniere* L $130 \times 130 \times 14$

Cu datele din exemplul 4.1,A, rezultă :

$$\sigma = \frac{119\,790}{0{,}544 \cdot 69{,}4} = 3\,173 \text{ daN/cm}^2 > R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

Din tabelul 4.40 se alege o secțiune mai puternică formată din 2 L140 $\times$ $\times 140 \times 14$ cu :

$$A = 75{,}20 \text{ cm}^2; \quad i_x = 4{,}30 \text{ cm}; \quad i_y = 6{,}21 \text{ cm}.$$

$$\lambda_x = \frac{295}{4{,}30} = 69; \quad \varphi_c = 0{,}590$$

$$\sigma = \frac{119\,790}{0{,}59 \cdot 75{,}9} = 2\,700 \text{ daN/cm}^2 < R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

B. *Secțiune formată din două profile* U

Cu datele din exemplul 4.1,B se obține :

$$\sigma = \frac{119\,790}{0{,}501 \cdot 84{,}6} = 2\,826 \text{ daN/cm}^2 < R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

Deci secțiunea din 2 U 24 satisface condiția de dimensionare.

C. *Secțiune chesonată din două profile* U

Cu datele din exemplul 4.1, C se ajunge la :

$$\sigma = \frac{119\,790}{0{,}79 \cdot 48{,}0} = 3\,159 \text{ daN/cm}^2 > R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2,$$

fapt pentru care este necesară trecerea la o secțiune formată din 2U18 cu mărimile statice

$$A = 56{,}0 \text{ cm}^2 : i_x = 6{,}95 \text{ cm} : i_y = 5{,}93 \text{ cm}.$$

Cu aceasta se ajunge la :

$$\lambda_y = \frac{295}{5{,}93} = 50 \quad \text{și} \quad \varphi_B = 0{,}821$$

$$\sigma = \frac{119\,790}{0{,}821 \cdot 56} = 2\,605 \text{ daN/cm}^2 < R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

Aceeași secțiune poate fi alcătuită sub formă de cheson cu $t_g = 0$ profilele urmînd să fie crestate în regiunea nodurilor pentru întroducerea guseelor.

Pentru $t_g = 0$ din tabelul 4.46 rezultă : $i_y = 5{,}47$ cm. În această situație se ajunge la :

$$\lambda_y = \frac{295}{5{,}47} = 54 \quad \text{și} \quad \varphi_B = 0{,}79$$

$$\sigma = \frac{119\,790}{0{,}79 \cdot 56} = 2\,708 \text{ daN/cm}^2 < R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

D. *Secțiune* T *din benzi sudate*

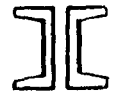
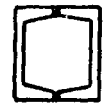
Cu secțiunea formată din $150 \times 12 + 240 \times 20$ se obține :

$$\sigma = \frac{119\,790}{0{,}506 \cdot 66} = 3\,000 \text{ daN/cm}^2 = R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

În concluzie metoda după stările limită, cu coeficienții încărcărilor și coeficientul de simultaneitate stabiliți de STAS 10101/0A-77 este mai pretențioasă decît metoda rezistențelor admisibile și în acest caz conduce la un consum ceva mai ridicat de oțel.

În tabelul următor sînt date, comparativ cu pct. C din exemplul 4.1, sporurile de secțiune exprimate în procente.

TABEL COMPARATIV

Nr. crt.	Forma secțiunii	Aria cm²	ΔA% față de 48 cm²
1		75,2	57%
2		84,6	76%
3		56,0	17%
4		66,0	38%

Exemplul 4.3. Aceeași bară specificată în exemplul 4.1 (talpa superioară din panoul *9—11*) să se dimensioneze cu metoda rezistențelor admisibile și după stările limită în cazul unei grinzi cu zăbrele cu doi pereți, în execuție sudată. Calitatea oțelului OL 52.

Rezolvare

Eforturile în bară rezultă din cele două exemple 4.1 și 4.2.

În cazul metodei rezistențelor admisibile $N=1\,012{,}0$ kN.

În cazul metodei după stările limită $N=1\,197{,}9$ kN.

Vor fi analizate :

— o secțiune formată din două profile U distanțate și solidarizate cu plăcuțe :

— o secțiune formată din două profile U distanțate și legate cu o platbandă ;

— o secțiune compusă din patru benzi din tablă sudate în formă de cheson.

A. *Secțiune formată din două profile* U

1) Dimensionarea cu metoda rezistențelor admisibile.

Alegerea secțiunii. Din tabelul 4.30 rezultă $K_x=1{,}2$ iar cu relația (4.5) se obține :

$$\xi=\sqrt{\frac{1{,}2\cdot 295^2\cdot 2\,700}{101\,200}}=53.$$

Față de axa $x-x$ se ia coeficientul de flambaj din curba C. Din tabelul 4.32 rezultă prin interpolare pentru $\xi=53$

$$\lambda_x=45+\frac{2{,}3}{7{,}2}\cdot 5\approx 47 \quad \text{și} \quad \varphi_c=0{,}771.$$

Cu acestea, se calculează

$$A_{nec}=\frac{101\,200}{0{,}771\cdot 2\,700}=48{,}6\ \text{cm}^2.$$

În funcție de valoarea rezultată pentru A_{nec}, din sortiment (v. cap. 1) sau din tabelul 4.45 se alege o secțiune formată din 2U16 (fig. 4.19, *a—c*) cu :

$$A=2\cdot 24=48{,}0\ \text{cm}^2\ ;\ i_x=6{,}21\ \text{cm}\ ;\ i_1=1{,}89\ \text{cm}.$$

$$i_y=7{,}10\ \text{cm}\ \text{(din tabelul 4.45)}.$$

Plăcuțele de solidarizare se așază la distanța

$$l_1=\frac{295}{5}=59\ \text{cm}<40\ i_1=40\cdot 1{,}89=75{,}6\ \text{cm}.$$

Verificarea secțiunii. Se calculează mai întîi coeficienții de zveltețe astfel :

$$\lambda_x=\frac{295}{6{,}21}=47\ ;$$

$$\lambda_y=\frac{295}{7{,}1}=41{,}5\ ;\quad \lambda_1=\frac{59}{1{,}89}=31$$

$$\lambda_{tr}=\sqrt{41{,}5^2+31{,}0^2}=52.$$

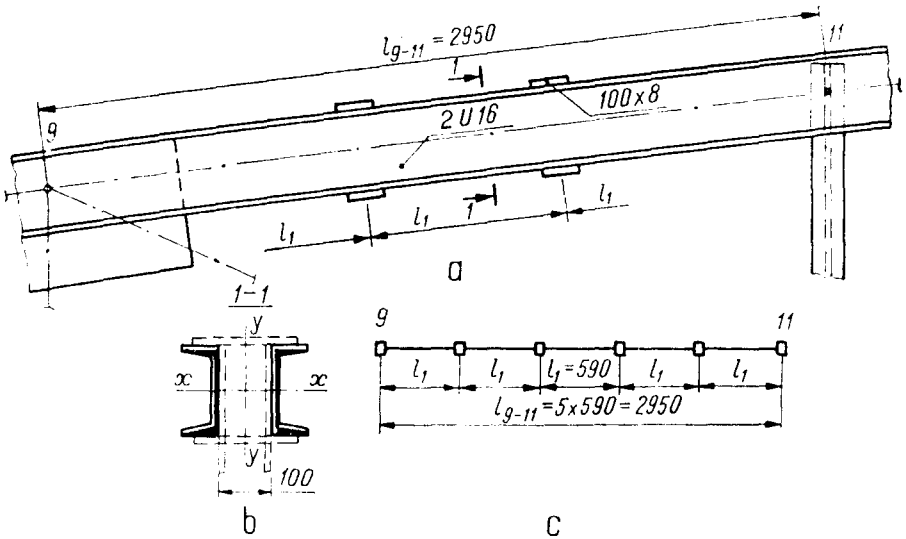


Fig. 4.19.

Față de axa x intervine curba C și rezultă coeficientul de flambaj : $\varphi_x=0{,}771$.

Față de axa y intervine curba B și coeficientul de flambaj are valoarea : $\varphi_y=0{,}806>\varphi_x$; deci $\varphi_{min}=\varphi_x$

Cu acestea, efortul unitar pe secțiune este

$$\sigma=\frac{101\,200}{0{,}771\cdot 48}=2\,735\ \text{daN/cm}^2\approx\sigma_a=2\,700\ \text{daN/cm}^2.$$

Plăcuțele de solidarizare. Se calculează la solicitările produse de forța tăietoare convențională care se poate calcula cu relația

$$T=30A=30\cdot 48=1\,440\ \text{daN}.$$

Momentul încovoietor care revine unei plăcuțe (4.33) este

$$M=\frac{1\,440\cdot 59}{4}=21\,240\ \text{daNcm}.$$

Forța tăietoare care revine unei plăcuțe (4.34), rezultă

$$T_p=\frac{1\,440\cdot 59}{2\cdot 16}=2\,655\ \text{daN}.$$

Secțiunea plăcuței din OL37 se apreciază la 100×8.

Eforturile unitare în plăcuță sînt

$$\sigma=\frac{M}{W}=\frac{21\,240\cdot 6}{0{,}8\cdot 10^3}=1\,593\ \text{daN/cm}^2<\sigma_a=1\,800\ \text{daN/cm}^2$$

$$\tau=\frac{3T_p}{2A_p}=\frac{3\cdot 2\,655}{2\cdot 8}=498\ \text{daN/cm}^2<\tau_a=1\,100\ \text{daN/cm}^2.$$

2) Dimensionarea cu metoda după stările limită.

Alegerea secțiunii. Se face calculînd în prealabil coeficientul ξ cu relația (4.4):

$$\xi = \sqrt{\frac{1{,}2 \cdot 295^2 \cdot 3\,000}{119\,790}} = 51.$$

Pentru $\xi = 51$ din tabelul 4.32 rezultă $\lambda = 45$ și $\varphi_c = 0{,}788$.

Aria necesară se obține din

$$A_{nec} = \frac{119\,790}{0{,}788 \cdot 3\,000} = 50{,}7 \text{ cm}^2.$$

Se alege din sortiment (tabelul 1.15) sau din tabele cu mărimi statice o secțiune formată din 2U 18 cu

$A = 56{,}0$ cm^2; $i_x = 6{,}95$ cm; $i_1 = 2{,}02$ cm; $i_y = 7{,}21$ cm (v. tabelul 4.45).

Verificarea secțiunii:

$$\lambda_x = \frac{295}{6{,}95} = 42{,}4$$

$$\lambda_y = \frac{295}{7{,}21} = 41; \qquad \lambda_1 = \frac{59}{2{,}02} = 29$$

$$\lambda_{tr} = \sqrt{41^2 + 29^2} = 50.$$

Pentru $\lambda_x = 43$ rezultă $\varphi_c = 0{,}819$.

Pentru $\lambda_{tr} = 50$ rezultă $\varphi_B = 0{,}821 > \varphi_c$.

Cu aceasta efortul unitar normal este

$$\sigma = \frac{119\,790}{0{,}819 \cdot 56} = 2\,612 \text{ daN/cm}^2 < R = 3\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

Secțiunea formată din 2U16 ar fi condus la o depășire a rezistenței de calcul.

Plăcuțele de solidarizare. Se calculează la solicitările produse de forța tăietoare convențională (4.31) care este:

$$T = 0{,}012 \cdot 56 \cdot 3\,000 = 2\,016 \text{ daN}$$

$$M = \frac{2\,016 \cdot 59}{4} = 29\,736 \text{ daNcm}$$

$$T_p = \frac{2\,016 \cdot 59}{2 \cdot 16} = 3\,717 \text{ daN}.$$

Cu plăcuțe din OL 37 de 100×10 rezultă valorile eforturilor unitare:

$$\sigma = \frac{29\,736 \cdot 6}{1 \cdot 10^2} = 1\,784 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau = \frac{3 \cdot 3\,717}{2 \cdot 10} = 578 \text{ daN/cm}^2 < R_f = 1\,300 \text{ daN/cm}^2.$$

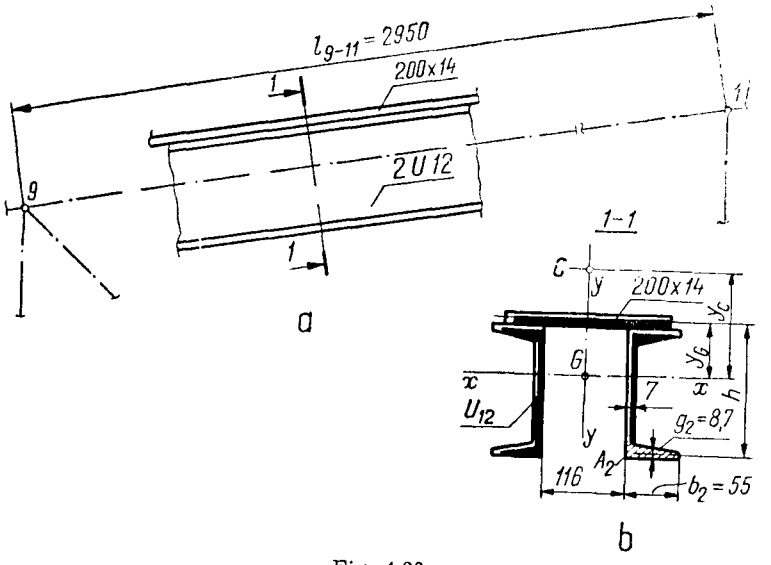


Fig. 4.20.

B. *Secțiune formată din două profile* U *legate cu o platbandă continuă* (fig. 4.20, *a*—*b*).

1) Dimensionarea cu metoda rezistențelor admisibile.

Alegerea secțiunii. Coeficientul de profil pentru secțiunea adoptată rezultă din tabelul 4.30 și are valoarea $K_x = 1{,}55$. Din relația (4.5) se obține

$$\xi = \sqrt{\frac{1{,}55 \cdot 295^2 \cdot 2\,700}{101\,200}} = 60.$$

Din tabelul 4.32 pentru OL 52 curba *C*, prin interpolare, rezultă:

$$\lambda_x = 50 + \frac{2{,}1}{7{,}6} 5 \approx 51 \quad \text{și} \quad \varphi_c = 0{,}738.$$

Aria necesară a secțiunii este

$$A_{nec} = \frac{101\,200}{0{,}738 \cdot 2\,700} = 51 \text{ cm}^2.$$

Deoarece față de axa *y* secțiunea flambează prin încovoiere-răsucire, după cîteva încercări se alege secțiunea din fig. 4.20, *b* formată din două profile U 12 și o platbandă 200×14, pentru care se calculează:

$$A = 2 \cdot 17 + 28 = 62 \text{ cm}^2; \quad y_G = \frac{34 \cdot 6{,}7}{62} = 3{,}67 \text{ cm}$$

$$I_x = 28 \cdot 3{,}67^2 + 2\,(364 + 17 \cdot 3{,}03^2) = 1\,417 \text{ cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{1\,417}{62}} = 4{,}78 \text{ cm}.$$

$$I_y=\frac{1,4\cdot 20^3}{12}+2\,(43,2+17\cdot 7,4^2)=2\,882\ \text{cm}^4$$

$$i_y=\sqrt{\frac{2\,882}{62}}=6,82\ \text{cm}$$

$$I_r=2\cdot 4,15+\frac{20\cdot 1,4^3}{3}=26,6\ \text{cm}^4$$

$$y_c=e\left[1+\frac{b^2A}{4I_y}\right]-2h\frac{I_{2s}}{I_y}$$

$$e=y_G=3,67\ \text{cm};\qquad b=11,6+0,7=12,3\ \text{cm}$$

$$h=12+0,7-0,44=12,26\ \text{cm};\ c=\frac{5,5-0,7}{2}=2,4\ \text{cm}.$$

$$I_{2s}=\frac{g_2b_2^3}{12}+A_2c^2=\frac{0,87\cdot 5,5^3}{12}+0,87\cdot 5,5\cdot 2,4=39,6\ \text{cm}^4$$

$$y_c=3,67\left[1+\frac{12,3^2\cdot 62}{4\cdot 2\,882}\right]-2\cdot 12,26\ \frac{39,6}{2\,882}=6,66-0,34=6,32\ \text{cm}.$$

$$I_\omega=\frac{b^2}{4}\left[I_x+e^2A\left(1-\frac{b^2A}{4I_y}\right)\right]+2h^2I_{2s}-2bch^2A_2+b^2heA\frac{I_{2s}}{I_y}-4h^2\frac{I_{2s}^2}{I_y}=$$

$$=\frac{12,3^2}{4}\left[1\,417+3,67^2\cdot 62\left(1-\frac{12,3^2\cdot 62}{4\cdot 2\,882}\right)\right]+2\cdot 12,26^2\cdot 39,6-2\cdot 12,3\cdot 2,4\cdot 12,26^2\cdot$$

$$\cdot 5,5\cdot 0,87+12,3^2\cdot 12,26\cdot 3,67\cdot 62\cdot\frac{39,6}{2\,882}-4\cdot 12,26^2\frac{39,6^2}{2\,882}=59\,482+$$

$$+11\,904-42\,463+5\,799-327=34\,395\ \text{cm}^6$$

$$i_c^2=\frac{1\,417+2\,882}{62}+6,32^2=109,28$$

$$k=1-\frac{6,32^2}{109,28}=0,634$$

$$N_i=\frac{3,14^2\cdot 21\,000\cdot 2\,882}{295^2}=6\,857\ \text{kN}$$

$$N_r=\frac{1}{109,28}\left(8\,100\cdot 26,6+\frac{3,14^2\cdot 21\,000\cdot 34\,395}{295^2}\right)=2\,720\ \text{kN}$$

$$N_i+N_r=9\,577\ \text{kN}$$

$$N_{cr}=\frac{1}{2\cdot 0,634}\left[9\,577-\sqrt{9\,577^2-4\cdot 0,634\cdot 6\,857\cdot 2\,720}\right]=2\,297\text{kN}$$

Verificarea secțiunii

$$\lambda_{tr}=3,14\sqrt{\frac{21\,000\cdot 62}{2\,297}}=74,7\approx 75;\quad \varphi_B=0,608$$

$$\lambda_x=\frac{295}{4,78}=62\quad\text{și}\quad\varphi_c=0,646$$

$$\sigma=\frac{101\,200}{0,608\cdot 62}=2\,685\ \text{daN/cm}^2<\sigma_a=2\,700\ \text{daN/cm}^2.$$

2) În cazul verificării cu metoda după stările limită, a aceleiași secțiuni cu efortul de calcul $N=119\,790$ daN rezultă :

$$\sigma=\frac{119\,790}{0,608\cdot 62}=3\,178\ \text{daN/cm}^2>R=3\,000\ \text{daN/cm}^2,$$

în concluzie metoda după stările limită impune o secțiune ceva mai puternică, formată din profile U12 și o platbandă 240×14 (fig. 4.21).

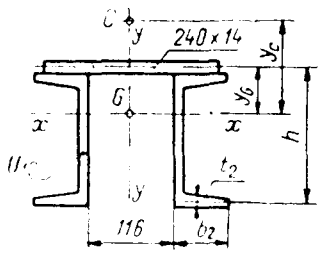


Fig. 4.21.

Pentru această secțiune se calculează :

$$A=2\cdot 17+24\cdot 1,4=34+33,6=67,6\ \text{cm}^2$$

$$y_G=\frac{34\cdot 6,7}{67,6}=3,37\ \text{cm}$$

$$I_x=33,6\cdot 3,37^2+2\,(364+17\cdot 3,33^2)=1\,487\ \text{cm}^4$$

$$i_x=\sqrt{\frac{1\,487}{67,6}}=4,69\ \text{cm}$$

$$I_y=\frac{1,4\cdot 24^3}{12}+2\,(43,2+17\cdot 7,4^2)=3\,561\ \text{cm}^4$$

$$i_y=\sqrt{\frac{3\,561}{67,6}}=7,26\ \text{cm}$$

$$I_r=2\cdot 4,15+\frac{24\cdot 1,4^3}{3}=30,25\ \text{cm}^4;$$

$$e=y_G=3,37\ \text{cm};\quad b=11,6+0,7=12,3\ \text{cm}$$

$$h=12+0,7-0,44=12,26\ \text{cm};\quad c=\frac{5,5-0,7}{2}=2,4\ \text{cm}$$

$$I_{2s}=39,6\ \text{cm}^4$$

$$y_c=3,37\left[1+\frac{12,3^2\cdot 67,6}{4\cdot 3\,561}\right]-2\cdot 12,26\ \frac{39,6}{3\,561}=5,79-0,27=5,52\ \text{cm}$$

$$I_\omega=\frac{12,3^2}{4}\,1\,487+3,37^2\cdot 67,6\left(1-\frac{12,3^2\cdot 67,6}{4\cdot 3\,561}\right)+$$

$$+2\cdot 12,26^2\cdot 39,6-2\cdot 12,3\cdot 2,4\cdot 12,26^2\cdot 5,5\cdot 0,87+$$

$$+12,3^2\cdot 12,26\cdot 3,37\cdot 67,6\,\frac{39,6}{3\,561}-4\cdot 12,26^2\,\frac{39,6^2}{3\,561}=$$

$$=64\,431+11\,904-42\,463+4\,699-265=38\,306\ \text{cm}^6$$

$$i_c^2=\frac{1\,487+3\,561}{67,6}+5,52^2=105,14\text{cm}^2$$

$$k=1-\frac{5,52^2}{105,14}=0,71$$

$$N_i=\frac{3,14^2\cdot 21\,000\cdot 3\,561}{295^2}=8\,472\text{ kN}$$

$$N_r=\frac{1}{105,14}\left[8\,100\cdot 30,25+\frac{3,14^2\cdot 21\,000\cdot 38\,306}{295^2}\right]=3\,197\text{ kN}$$

$$N_i+N_r=8\,472+3\,197=11\,669\text{ kN}$$

$$N_{cr}=\frac{1}{2\cdot 0,71}\left[11\,669-\sqrt{11\,669^2-4\cdot 0,71\cdot 8\,472\cdot 3\,197}\right]=2\,936\text{ kN}$$

$$\lambda_{tr}=3,14\sqrt{\frac{21\,000\cdot 67,6}{2\,936}}=69;\qquad \varphi_B=0,661$$

$$\lambda_x=\frac{295}{4,69}=63;\qquad \varphi_C=0,638$$

$$\sigma=\frac{119\,790}{0,638\cdot 67,6}=2\,777\text{ daN/cm}^2<3\,000\text{ daN/cm}^2.$$

C. *Secțiune compusă din patru platbande formînd un cheson sudat* (fig.4.22, *a*, *b*)

1) Dimensionarea cu metoda rezistențelor admisibile

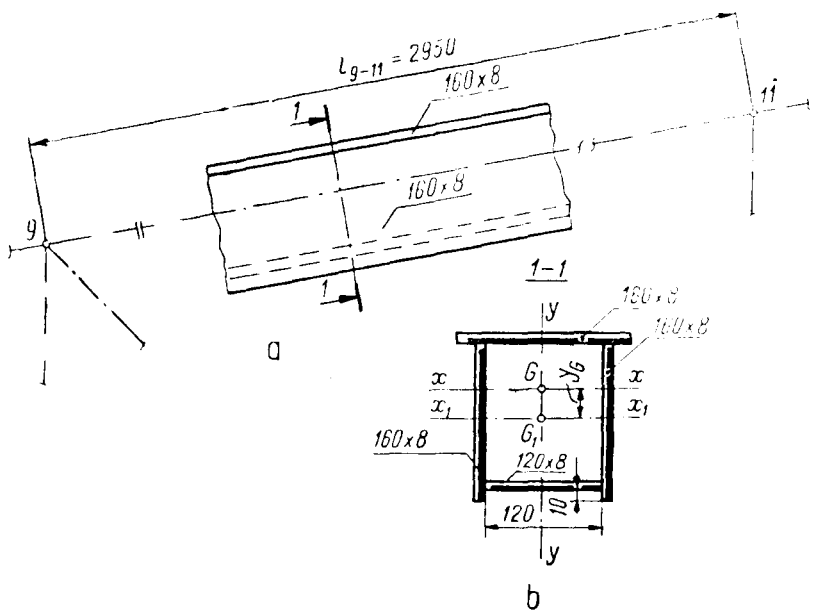


Fig. 4.22.

Alegerea secțiunii. Din tabelul 4.30 pentru o secțiune tubulară pătrată rezultă :

$$K\approx 26\frac{t}{h}\quad\text{și}\quad\alpha=0,41$$

considerînd un $\lambda\approx 40$ rezultă :

$$h\approx b=\frac{l_f}{\alpha\lambda}=\frac{295}{0,41\cdot 40}\approx 18\text{ cm}$$

cu $t\approx 1$ cm rezultă $K=26\frac{1}{18}=1,44$ cu ajutorul căruia se determină

și $\xi=\sqrt{\frac{1,44\cdot 295^2\cdot 2\,700}{101\,200}}=58$. În funcție de valoarea $\xi=58$,

din tabelul 4.32, pentru curba *B*, prin interpolare rezultă :

$$\lambda=50+\frac{2,8}{7}5=52\quad\text{și}\quad\varphi_B=0,806.$$

Cu acestea se obține aria necesară :

$A_{nec}=\frac{101\,200}{0,806\cdot 2\,700}=46,5\text{ cm}^2$. În funcție de această valoare se alcătuiește și se alege secțiunea arătată în fig. 4.22, *b* care are :

$$A=2\cdot 16\cdot 0,8+16\cdot 0,8+12\cdot 0,8=48\text{ cm}^2$$

$$I_y=\frac{0,8\cdot 16^3}{12}+\frac{0,8\cdot 12^3}{12}+2\cdot 12,8\cdot 6,4^2=1\,437\text{ cm}^4$$

$$i_y=\sqrt{\frac{1\,437}{48}}=5,47\text{ cm}$$

$$y_G=\frac{12,8\cdot 8,4-9,6\cdot 6,6}{48,0}=0,92\text{ cm}$$

$$I_x=2\frac{0,8\cdot 16^3}{12}-2\cdot 12,8\cdot 0,92^2+12,8\,(8+0,4-0,92)^2+9,6\,(6,6+0,92)^2=$$

$$=1\,784\text{ cm}^4$$

$$i_x=\sqrt{\frac{1\,784}{48}}=6,10\text{ cm}.$$

Verificarea secțiunii

$$\lambda_{max}=\frac{295}{5,47}=54<\lambda_a;\quad\varphi_B=0,79$$

$$\sigma=\frac{101\,200}{0,79\cdot 48}=2\,669\text{ daN/cm}^2<\sigma_a=2\,700\text{ daN/cm}^2.$$

2) Verificarea după stările limită

Alegerea secțiunii. Aceeași secțiune ca și în paragraful precedent conduce la

$$\sigma=\frac{119\,790}{0,79\cdot 48}=3\,159\text{ daN/cm}^2>R=3\,000\text{ daN/cm}^2.$$

Secțiunea trebuie așa dar mărită rezistența de calcul fiind depășită. Se alege secțiunea din fig. 4.23, pentru care se calculează :

$$A=2\cdot 12{,}8+16+9{,}6=51{,}2\ \text{cm}^2$$

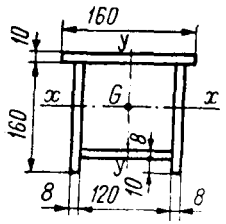


Fig. 4.23.

$$I_y=\frac{1\cdot 16^3}{12}+\frac{0{,}8\cdot 12^3}{12}+25{,}6\cdot 6{,}4^2=1\,505\ \text{cm}^4$$

$$i_y=\sqrt{\frac{1\,505}{51{,}2}}=5{,}42\ \text{cm}$$

$$y_G=\frac{16\cdot 8{,}5-9{,}6\cdot 6{,}6}{51{,}2}=1{,}42\ \text{cm}.$$

$$I_x=2\frac{0{,}8\cdot 12^3}{12}-2\cdot 12{,}8\cdot 1{,}39^2+16{,}0\,(8{,}5-1{,}42)^2+$$
$$+9{,}6\,(6{,}6+1{,}42)^2=1\,916\ \text{cm}^4$$

$$i_x=\sqrt{\frac{1\,916}{51.2}}=6{,}12\ \text{cm}.$$

Verificarea secțiunii :

$$\lambda_{max}=\frac{295}{5{,}42}=54{,}4<\lambda_a\ ;\qquad \varphi_B=0{,}786$$

$$\sigma=\frac{119\,790}{0{,}786\cdot 51{,}2}=2\,977\ \text{daN/cm}^2<R=3\,000\ \text{daN/cm}^2.$$

Exemplul 4.4. Să se dimensioneze stîlpul de susținere al unei platforme industriale în diferite soluții de alcătuire a secțiunii transversale. Stîlpul cu înălțimea de 5,80 m se consideră dublu articulat la capete cu cele două noduri nedeplasabile. Se execută în două variante din OLT 35 și din OL 37. Dimensionarea se face cu metoda rezistențelor admisibile.

Rezolvare

Elemente de calcul

Solicitarea în stîlp provine din :

— încărcarea permanentă	$72\cdot 5 = 360$ kN
— încărcarea utilă	$72\cdot 15=1\,080$ kN
	$N=1\,440$ kN

Lungimea de flambaj

$$l_f=H=580\ \text{cm}.$$

Rezistența admisibilă este $\sigma_a^{\text{I}}=1\,600$ daN/cm²

A. *Secțiune unitară circulară* (fig. 4.24)

Alegerea secțiunii. Din relația (4.5) și tabelul 4.30 rezultă :

$$k=28\frac{t}{D}=28\frac{0{,}07\,D}{D}\approx 2{,}0$$

$$\xi=\sqrt{\frac{580^2\cdot 2\cdot 1\,600}{144\,000}}=86{,}46.$$ În funcție de valoarea lui $\xi=86{,}46$ și pentru curba *A*, în cazul oțelului OLT 35 rezultă din tabelul 4.31, după interpolare, valorile :

$$\lambda=75+\frac{86{,}46-84{,}1}{7{,}5}5=77\quad\text{și}\quad\varphi_A=0{,}781.$$

Aria necesară rezultă din relația (4.3)

$$A_{nec}=\frac{144\,000}{0{,}781\cdot 1\,600}=115{,}2\ \text{cm}^2.$$

Din tabelul 1.23 se alege profilul Ø 245×16 din OLT 35 (fig. 4.24) cu :

$$A=115\ \text{cm}^2\ ;\qquad i=8{,}12\ \text{cm}.$$

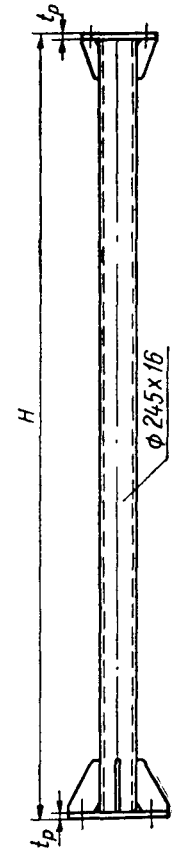


Fig. 4.24.

Verificarea stabilității :

$$\lambda=\frac{580}{8{,}12}=71{,}43\ ;$$ după interpolare liniară rezultă

$$\varphi_A=0{,}817.$$

$$\sigma=\frac{144\,000}{0{,}817\cdot 115}=1\,533\ \text{daN/cm}^2<\sigma_a=1\,600\ \text{daN/cm}^2.$$

Verificarea stabilității locale. Rezistența critică de voalare rezultă din :

$$\sigma_{cr}=0{,}200\,\frac{Et}{r}=0{,}200\,\frac{2\,100\,000\cdot 1{,}6}{12{,}25}=50\,748\ \text{daN/cm}^2.$$

Deoarece $\sigma_{cr}\gg\sigma_c$ această tensiune trebuie redusă. Folosind tabelul 4.54 rezultă $\lambda=20$ și

$$\sigma_{a\ voalare}=\varphi_A\cdot 1\,600\,\frac{c}{c_v}=0{,}989\cdot 1\,600\,\frac{1{,}5}{1{,}3}=1\,826\ \text{daN/cm}^2.$$

Condiția de stabilitate :

$$\frac{144\,000}{115}=1\,252\ \text{daN/cm}^2<\sigma_{a\ voalare}=1\,826\ \text{daN/cm}^2.$$

B. *Secțiune formată din două profile* I *așezate în cruce* (fig. 4.25, *a*, *c*).

Alegerea secțiunii. Din tabelul 4.30 și relația (4.5) rezultă

$$K=1{,}9$$

$$\xi=\sqrt{\frac{1{,}9\cdot 580^2\cdot 1\,600}{144\,000}}=84{,}3.$$

Pentru curba *B* și OL 37 rezultă din tabelul 4.31, după interpolare,

$$\lambda=70+\frac{4{,}2}{7{,}7}5\approx 73\quad\text{și}\quad\varphi_B=0{,}743$$

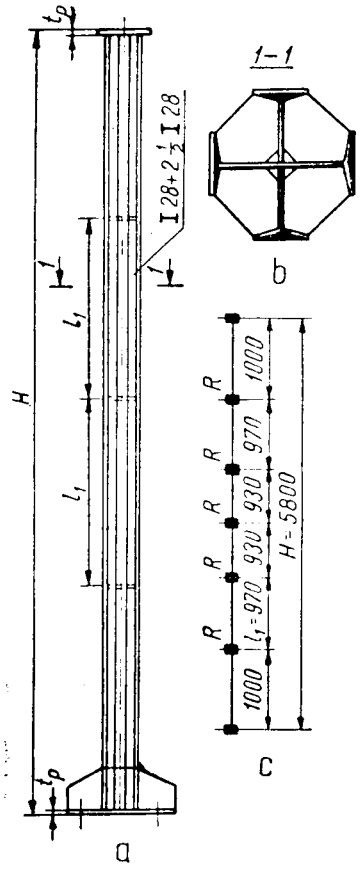


Fig. 4.25.

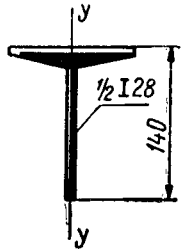


Fig. 4.26.

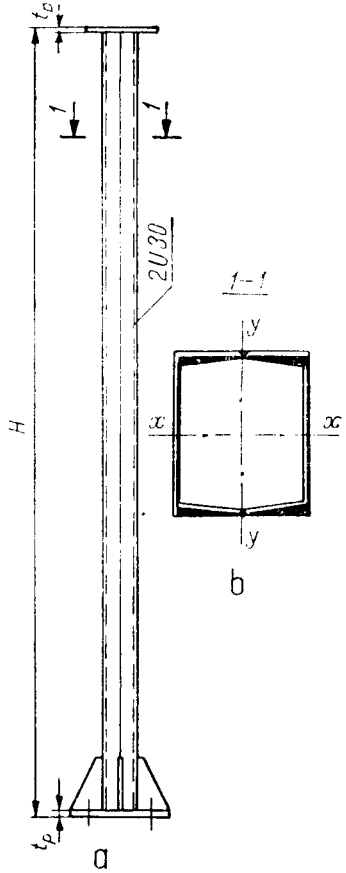


Fig. 4.27.

Din relația (4.3) rezultă

$$A_{nec}=\frac{144\,000}{0{,}743\cdot 1\,600}=121\ \text{cm}^2.$$

Se alege din sortiment (tabelul 1.13) o secțiune formată din 2 I 28 (fig. 4.25, *b*) pentru care se calculează :

$$A=61{,}1\cdot 2=122{,}2\ \text{cm}^2$$
$$I_x=I_y=7\,590+364=7\,954\ \text{cm}^4$$
$$i_x=i_y=8{,}07\ \text{cm}.$$

Verificarea secțiunii :

$$\lambda=\frac{580}{8{,}07}=72<\lambda_a \quad \text{și îi corespunde} \quad \varphi_B=0{,}750$$

$$\sigma=\frac{144\,000}{0{,}750\cdot 122{,}2}=1\,571\ \text{daN/cm}^2<\sigma_a=1\,600\ \text{daN/cm}^2.$$

Solidarizarea în lung a secțiunii se realizează cu diafragme orizontale așezate la distanța $l_1 \leqslant 40\,i$ unde i reprezintă raza de girație a unei jumătăți de profil față de axa $y-y$ (fig. 4.26) :

Pentru secțiunea din fig. 4.26 din tabelul 4.37 rezultă $i_y=2{,}45$ cm

$$l_1 \leqslant 40\cdot 2{,}45=98\ \text{cm}.$$

Pe lungimea stîlpului vor fi așezate intermediar solidarizări la cinci niveluri (fig. 4.25) rezultînd :

$$l_1=\frac{580}{6}=97\ \text{cm}<98.$$

C. *Secțiune chesonată formată din două profile* U (fig. 4.27, *a*, *b*)

Alegerea secțiunii. Din tabelul 4.30 și relația (4.5) rezultă :

$$K_y=1{,}9$$

$$\xi=\sqrt{\frac{1{,}9\cdot 580^2\cdot 1\,600}{144\,000}}=84.$$

Pentru curba *B*, din tabelul 4.31 se obține prin interpolare

$$\lambda=70+\frac{3{,}9}{7{,}7}5\approx 73\rightarrow \varphi_B=0{,}743$$

$$A_{nec}=\frac{144\,000}{0{,}743\cdot 1\,600}=121\ \text{cm}^2.$$

Din sortiment (tabelul 1.15) se alege secțiunea formată din 2 U 30 așezate ca în fig. 4.27, *b* și pentru care din tabelul 4.46 rezultă : $A=117{,}6$ cm^2 ; $i_x=11{,}70$ cm ; $i_y=7{,}86$ cm.

Verificarea secțiunii :

$$\lambda_{max}=\frac{580}{7{,}86}=74<\lambda_a \quad \text{și} \quad \varphi_B=0{,}736$$

$$\sigma=\frac{144\,000}{0{,}736\cdot 117{,}6}=1\,664\ \text{daN/cm}^2\approx$$

$$\approx \sigma_a+3\%.$$

D. *Secțiune formată din două profile* U *distanțate, legate cu plăcuțe* (fig. 4.28, *a*, *b*)

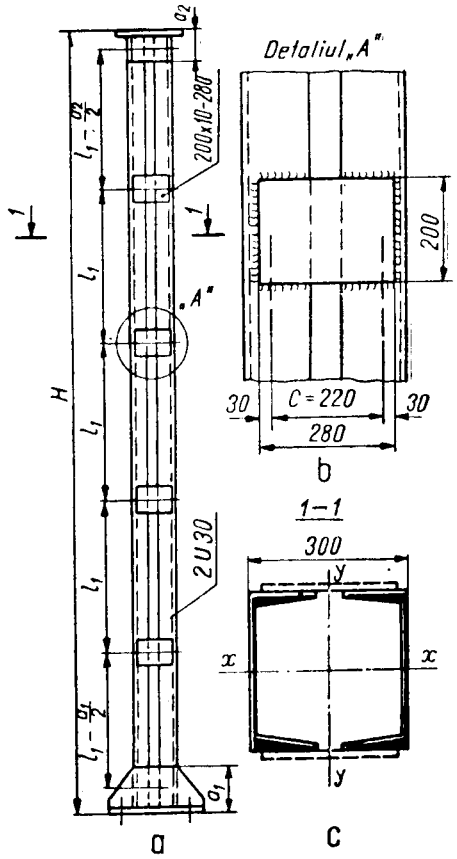


Fig. 4.28.

Alegerea secțiunii. Din tabelul 4.30 și relația (4.5) rezultă :

$$K_x=1{,}0 \qquad \text{(pentru } h>20\text{)}$$

$$\text{și} \qquad I_y>I_x$$

$$\xi=\sqrt{\frac{1\cdot 580^2\cdot 1\,600}{144\,000}}=61.$$

Din curba B pentru OL 37, din tabelul 4.31 rezultă :

$$\lambda_x=55+\frac{1{,}6}{6{,}5}5\approx 56 \quad \text{și} \quad \varphi_B=0{,}852.$$

Aria secțiunii transversale se obține cu relația (4.3)

$$A_{nec}=\frac{144\,000}{0{,}852\cdot 1\,600}=105{,}6 \text{ cm}^2.$$

Din tabelul 4.46 se alege o secțiune formată din 2 U 30 așezate la distanța $a=300$ mm (fig. 4.28, *b*), cu

$$A=117{,}6 \text{ cm}^2; \qquad i_x=11{,}70 \text{ cm}; \qquad i_y=12{,}60 \text{ cm};$$

$$i_1=2{,}90 \text{ cm}; \quad l_1=40\,i_1=116=\frac{580}{5}.$$

Verificarea secțiunii : $\lambda_x=\frac{580}{11{,}7}=49{,}5<\lambda_a$

$$\lambda_y=\frac{580}{12{,}6}=46{,}0$$

$$\lambda_1=40$$

$$\lambda_{tr}=\sqrt{46^2+40^2}=61>\lambda_x.$$

Din tabelul 4.6, corespunzător curbei B. rezultă : $\varphi_B=0{,}822$

$$\sigma=\frac{144\,000}{0{,}822\cdot 117{,}6}=1\,490 \text{ daN/cm}^2<\sigma_a=1\,600 \text{ daN/cm}^2.$$

Profilele laminate imediat inferioare U 26, nu satisfac condiția de rezistență față de axa $x-x$.

Calculul plăcuțelor de solidarizare. Forța tăietoare convențională rezultă din relația :

$$T=20\,A=20\cdot 117{,}6=2\,352 \text{ daN}.$$

Solicitările în plăcuțe, produse de forța tăietoare convențională, sînt :

$$M_p=\frac{2\,352\cdot 116}{4}=68\,208 \text{ daNcm}$$

$$T_p=\frac{2\,352\cdot 116}{2\cdot 22}=6\,201 \text{ daN}.$$

Se alege secțiunea plăcuței de 200×10, din oțel marca OL 37. Eforturile unitare în plăcuță sînt :

$$\sigma_p=\frac{6\cdot 68\,208}{1\cdot 20^2}=1\,023 \text{ daN/cm}^2<\sigma_a=1\,600 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_p=\frac{3}{2}\frac{T_p}{th}=\frac{3}{2}\frac{6\,201}{1\cdot 20}=465 \text{ daN/cm}^2<\tau_a=950 \text{ daN/cm}^2.$$

Condiția de aplicare a relației (4.19) pentru λ_{tr} este respectată prin :

$$\frac{I_p\,l_1}{I_1\,c}=\frac{\frac{1\cdot 20^3}{12}\cdot 116}{495\cdot 22}=7{,}00>5.$$

E. *Secțiune formală din patru corniere cu aripi egale* (fig. 4.29, *a*, *b*). Solidarizarea se execută cu zăbrelițe.

Alegerea secțiunii. Din tabelul 4.30 și relația (4.5) rezultă

$$K=0{,}3 \text{ (pentru } h\approx 4c\text{)}$$

$$\text{și} \quad \alpha_x=0{,}43$$

$$\xi=\sqrt{\frac{0{,}3\cdot 580^2\cdot 1\,600}{144\,000}}=33{,}5.$$

Corespunzător curbei C pentru OL 37, din tabelul 4.31 rezultă, după interpolare :

$$\lambda=30+\frac{2{,}9}{5{,}4}5\approx 33$$

$$\text{și} \quad \varphi_C=0{,}951.$$

Aria necesară este :

$$A_{nec}=\frac{144\,000}{0{,}951\cdot 1\,600}=94{,}6 \text{ cm}^2.$$

Din sortiment (tabelul 1.17) se alege secțiunea formată din 4 corniere $120\times 120\times 12$ (fig. 4.29, *b*) pentru care se calculează

$$h_{nec}=b_{nec}=\frac{l_f}{\alpha\lambda}=$$

$$=\frac{580}{0{,}43\cdot 33}=40{,}8 \text{ cm}$$

$$A=4\cdot 27{,}5=110{,}0 \text{ cm}^2$$

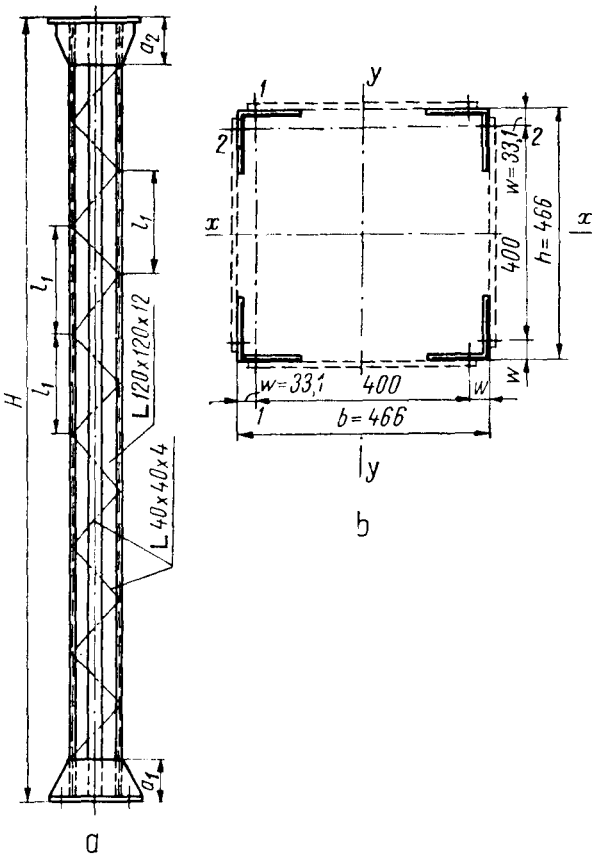


Fig. 4.29.

$$I_x = I_y = 4\,(368 + 27{,}5 \cdot 20^2) = 45\,472 \text{ cm}^4$$

$$i_x = i_y = 20{,}33 \text{ cm}$$

$$i_1 = i_2 = 3{,}65 \text{ cm}.$$

Cu relația (4.30) rezultă :

$$\lambda_1^2 = \lambda_2^2 = 27\,\frac{110}{2 \cdot 3{,}08} = 482.$$

S-a admis zăbrelușe din L $40 \times 40 \times 4$ cu $A = 3{,}08$ cm^2.

Verificarea secțiunii ansamblului :

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{580}{20{,}33} = 28{,}5$$

$\lambda_{tr} = \sqrt{28{,}5^2 + 482 + 482} = 42$. În funcție de λ_{tr}, corespunzător curbei C pentru oțel OL 37, rezultă coeficientul de flambaj : $\varphi_C = 0{,}869$

$$\sigma = \frac{144\,000}{0{,}869 \cdot 110} = 1\,506 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a = 1\,600 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea unei ramuri cu $i_{min} = 2{,}35$ cm. Cu lungimea panoului $l_1 = 80$ cm $< 40\, i_{min} = 94$ cm (v. fig. 4.29), rezultă :

$$\lambda = \frac{80}{2{,}35} = 34 < \lambda_{tr} = 42\,; \quad \varphi_C = 0{,}912$$

$$\sigma = \frac{144\,000}{4 \cdot 0{,}912 \cdot 27{,}5} = 1\,435 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a.$$

Calculul zăbreluțelor. Forța tăietoare convențională se determină cu :

$$T = 20\, A = 20 \cdot 110 = 2\,200 \text{ daN}.$$

În funcție de înclinarea diagonalelor, pentru $\alpha \approx 45°$, rezultă :

$$D = \pm \frac{2\,200}{2 \sin \alpha} = \frac{2\,200}{2 \cdot 0{,}707} = 1\,556 \text{ daN}.$$

S-a admis corniera L $40 \times 40 \times 4$ cu :

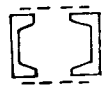
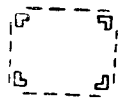
$$A = 3{,}08 \text{ cm}^2\,; \quad i_{min} = 0{,}78 \text{ cm}.$$

$$l_f = \frac{40}{0{,}707} \approx 56{,}5 \text{ cm, care conduce la :}$$

$$\lambda = \frac{56{,}5}{0{,}78} = 72, \text{ căruia îi corespunde din curba } C,\ \varphi_C = 0{,}673$$

$$\sigma = \frac{1\,556}{0{,}673 \cdot 3{,}80} = 751 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_a = 0{,}75 \cdot 1\,600.$$

Concluzii. Din compararea celor cinci soluții de alcătuire a secțiunii transversale rezultă următoarele consumuri de oțel :

Nr. crt.	Forma secțiunii	Aria secțiunii transversale cm²	Sporul de secțiune din solidarizări cm²	Secțiunea totală pe metru de stîlp cm²	Diferența procentuală față de secțiunea de la nr. crt. 1
1		115,0	—	115	100%
2		122,0	6,5	128,5	112%
3		117,6	—	117,6	102%
4		117,6	8,6	126,2	110%
5		110,0	17,4	127,4	111%

Secțiunea circulară executată dintr-o țeavă laminată pe lîngă că are consumul minim de oțel necesită și cel mai redus consum de manoperă. La celelalte secțiuni în ordine 3,2,4 și 5, consumul de manoperă este mult mai mare.

Exemplul 4.5. Să se dimensioneze același stîlp de susținere al platformei industriale din exemplul precedent cu metoda după stările limită, cunoscînd :

Efortul de calcul, provenit din :

— încărcarea permanentă $1{,}1 \cdot 360 = 396$ kN
— încărcarea utilă $1{,}2 \cdot 1\,080 = 1\,296$ kN

$N = 1\,692$ kN.

Lungimea de flambaj $l_f = 580$ cm

Rezistența de calcul $R = 2\,000$ daN/cm^2 în cazul oțelului OLT 35 și $R = 2\,100$ daN/cm^2 pentru oțel marca OL 37.

Rezolvare

A. *Secțiunea circulară*

Alegerea secțiunii. Din tabelul 4.30 cu $K \approx 2{,}0$ și din relația (4.4) rezultă :

$$\xi = \sqrt{\frac{2 \cdot 580^2 \cdot 2\,000}{169\,200}} = 89{,}18$$

pentru curba A și oțel marca OLT 35 rezultă din tabelul 4.31 :

$$\lambda \approx 80 \quad \text{și} \quad \varphi_A = 0{,}773.$$

Cu aceasta :

$$A_{nec} = \frac{169\,200}{0{,}773 \cdot 2\,000} = 109{,}4 \text{ cm}^2.$$

Din tabelul 1.23 se alege profilul Ø245×14 cu $A = 102$ cm² și $i = 8{,}17$ cm.

Verificarea secțiunii :

$\lambda = \frac{580}{8{,}17} = 71 < \lambda_a$. Din tabelul 4.2, pentru $\lambda = 71$, rezultă $\varphi_A = 0{,}829$

$$\sigma = \frac{169\,200}{0{,}829 \cdot 102} = 2\,001 \text{ daN/cm}^2 \approx R = 2\,000 \text{ daN/cm}^2.$$

B. *Secțiune formată din două profile* I *așezate în cruce* (fig. 4.25).

Cu aceeași secțiune din exemplul 4.4, B formată din două profile I 28 din oțel marca OL 37 rezultă :

$$\sigma = \frac{169\,200}{0{,}75 \cdot 122{,}2} = 1\,846 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Secțiunea imediat inferioară, formată din 2 I 26, nu satisface condiția de dimensionare, astfel :

$$A = 2 \cdot 53{,}3 = 106{,}6 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = 5\,740 + 288 = 6\,028 \text{ cm}^4$$

$$i_x = i_y = \sqrt{\frac{6\,028}{106{,}6}} = 7{,}52 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{580}{7{,}52} = 77 \text{ căruia îi corespunde } \varphi_B = 0{,}715$$

$$\sigma = \frac{169\,200}{0{,}715 \cdot 106{,}6} = 2\,220 \text{ daN/cm}^2 > R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

C. *Secțiune formată din două profile* U (fig. 4.27). Cu aceeași secțiune ca în exemplul 4.4, C formată din 2 U 30, cu

$$A = 117{,}6 \text{ cm}^2 ; \qquad i_y = 7{,}86 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = 74 \qquad \text{și} \qquad \varphi_B = 0{,}736,$$

rezultă :

$$\sigma = \frac{169\,200}{0{,}736 \cdot 117{,}6} = 1\,955 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

D. *Secțiunea formată din 2 profile* U *distanțate, solidarizate cu plăcuțe* (fig. 4.28).

Alegerea secțiunii. În funcție de forma secțiunii (v. fig. 4.28), din tabelul 4.30 rezultă : $K_x = 1{,}0$ pentru $h > 20$ și $I_y > I_x$, iar cu relația (4.5) se calculează :

$$\xi = \sqrt{\frac{1 \cdot 580^2 \cdot 2\,100}{169\,200}} = 64{,}6.$$

Din tabelul 4.31 în funcție de valoarea lui ξ și pentru OL 37 curba B, după interpolare se obține :

$$\lambda = 55 + \frac{5{,}2}{6{,}5} 5 = 59 \quad \text{și} \quad \varphi_B = 0{,}846.$$

Secțiunea necesară se calculează cu relația :

$$A_{nec} = \frac{169\,200}{0{,}846 \cdot 2\,100} = 95{,}2 \text{ cm}^2.$$

Din sortiment (tabelul 1.15) se alege o secțiune formată din 2 U 26 pentru care din tabelul 4.46 rezultă :

$A = 96{,}6$ cm² ; $i_x = 9{,}99$ cm ; $i_1 = 2{,}56$ cm ;

$i_y = 12{,}90$ (tabelul 4.46).

Verificarea secțiunii. Cu lungimea de flambaj cunoscută din enunț, rezultă

$$\lambda_x = \frac{580}{9{,}99} = 58 < \lambda_a \quad \text{și} \quad \varphi_x = 0{,}840$$

$$\lambda_y = \frac{580}{12{,}90} = 45.$$

Se determină distanța dintre solidarizări astfel ca după cele două direcții să rezulte același coeficient de flambaj.

Din condiția :

$$\lambda_x = \lambda_{tr}$$

rezultă :

$$\lambda_1 = \sqrt{\lambda_x^2 - \lambda_y^2} = \sqrt{58^2 - 45^2} = 36$$

$$l_1 \leqslant \lambda_1 i_1 = 36 \cdot 2{,}56 = 92 \text{ cm}.$$

Pe lungimea barei se așază șase solidarizări la distanța :

$$l_1 = \frac{580}{7} = 82{,}85 \text{ cm} \approx 83$$

$$\lambda_1 = \frac{83}{2{,}56} \approx 32$$

$$\lambda_{tr} = \sqrt{45^2 + 32^2} = 55 < \lambda_x$$

$$\sigma = \frac{169\,200}{0{,}840 \cdot 96{,}6} = 2\,085 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Deoarece prinderea sudată a cornierei de inima tălpii este excentrică (v. fig. 4.30) trebuie luat în considerare și momentul de încovoiere datorit acestei excentricități, astfel :

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} + \frac{M}{W} = \frac{3\,180}{0{,}707 \cdot 6{,}91} + \frac{3\,180 \cdot 1{,}67}{3{,}95} =$$

$$= 651 + 1\,344 = 1\,995 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Exemplul 4.7. Să se dimensioneze talpa comprimată a grinzii principale a unui pod de cale ferată. Grinda cu zăbrele se execută cu doi pereți din elemente sudate din OL 52, prinderea în noduri se execută cu nituri.

Solicitarea maximă în talpa superioară, în cele două ipoteze de încărcare este :

În ipoteza de încărcare I : $N_I = 5\,000$ kN.

În ipoteza de încărcare II : $N_{II} = 6\,200$ kN.

Lungimea teoretică a barei $l = 500$ cm.

Rezistența admisibilă pentru oțelul marca OL 52, clasa de calitate 3 (v. cap. 2), pe ipoteze de încărcare, este :

$$\sigma_a^I = 2\,400 \text{ daN/cm}^2; \quad \sigma_a^{II} = 2\,700 \text{ daN/cm}^2.$$

Rezolvare

Alcătuirea secțiunii. Secțiunea tălpii comprimate se va alcătui în formă de H, între pereții verticali ai secțiunii considerîndu-se distanța (fig. 4.31, *a-c*) :

$$b = 320 + 2 \cdot 15 = 350 \text{ mm}.$$

Alegerea secțiunii. Din tabelul 4.30, cazul 33, rezultă $K_x = 1{,}10$, $\alpha_x = 0{,}40$ și $\alpha_y = 0{,}53$.

Din relația (4.5) se obține

$$\xi_x = \sqrt{\frac{1{,}1 \cdot 500^2 \cdot 2\,400}{500\,000}} = 36{,}3$$

respectiv

$$\xi_y = \sqrt{\frac{1{,}1 \cdot 500^2 \cdot 2\,700}{620\,000}} = 34{,}6.$$

Secțiunea este de tip b (v. tabelul 4.1). Din tabelul 4.34 pentru $\xi_x = 36{,}3$ rezultă :

$$\lambda = 30 + \frac{1{,}3}{12{,}6} 10 \approx 31.$$

Din tabelul 4.29 rezultă :

$$\varphi_b = 0{,}813 - \frac{1}{10} 0{,}054 = 0{,}808.$$

Secțiunea necesară se obține cu ajutorul relației (4.3), astfel :

$A_{nec} = \frac{620\,000}{0{,}808 \cdot 2\,700} = 284$ cm², iar înălțimea secțiunii transversale rezultă din relația (4.7), astfel :

$$h_x = \frac{l_{fx}}{\sigma_x \lambda} = \frac{500}{0{,}4 \cdot 31} \approx 40 \text{ cm}.$$

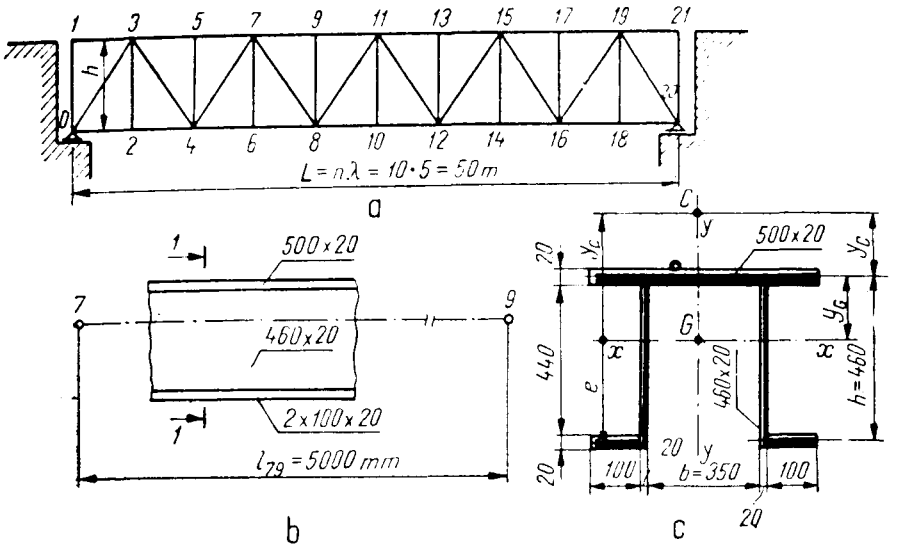


Fig. 4.31.

Se alege secțiunea cu dimensiunile din fig. 4.31, *c*.

Calculul caracteristicilor geometrice :

Aria brută

platbanda	500×20	100,0 cm²
inima	$2 \times 460 \times 20$	184,0 cm²
platbande	$2 \times 100 \times 20$	40,0 cm²
		$A = 324{,}0$ cm².

Centrul de greutate

$$y_G = \frac{40 \cdot 46 + 184 \cdot 23}{324} = 18{,}74 \text{ cm}.$$

Momentele de inerție principale

$$I_x = \frac{50 \cdot 2^3}{12} + 100 \cdot 18{,}74^2 + 2\frac{2 \cdot 46^3}{12} + 184 \cdot 5{,}26^2 + 2\frac{10 \cdot 2^3}{12} + 40 \cdot 27{,}26^2 =$$

$$= 33{,}33 + 35\,118{,}76 + 32\,445{,}33 + 5\,090{,}84 + 13{,}33 + 29\,724{,}30 = 102\,426 \text{ cm}^4;$$

$$I_y = \frac{1}{12} 2 \cdot 50^3 + 2\left(\frac{2 \cdot 10^3}{12} + 20 \cdot 24{,}5^2\right) + 2 \cdot 92 \cdot 18{,}5^2 = 20\,833 +$$

$$+ 24\,343 + 62\,974 = 108\,150 \text{ cm}^4.$$

Razele de girație

$$i_x = 17{,}78 \text{ cm}; \quad i_y = 18{,}27 \text{ cm}.$$

Momentul de inerție convențional la răsucire

$$I_r = \frac{1}{3}(50 \cdot 2^3 + 2 \cdot 46 \cdot 2^3 + 2 \cdot 10 \cdot 2^3) = 432 \text{ cm}^4.$$

Centrul de răsucire

$$y_c = -\frac{46}{2\cdot 108\,150}\left[-\frac{4}{3}10^3\cdot 2+10\cdot 37^2\cdot 2+\frac{1}{2}37^2\cdot 46\cdot 2\right]=$$

$$=-\frac{46}{2\cdot 108\,150}\left[-2\,666{,}66\cdot +27\,380+62\,974\right]=-18{,}65\text{ cm}.$$

Momentul de inerție sectorial (fig. 4.32)

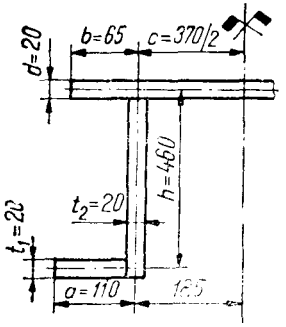


Fig. 4.32.

$$I_\omega=\frac{1}{2}y_c^2\left[\frac{1}{6}(2b+c)^3\,d+a\left(\frac{4}{3}a^2+2ac+c^2\right)t_1+\right.$$

$$\left.+c^2ht_2\right]+y_c\,h\left[a\left(-\frac{4}{3}a^2+c^2\right)t_1+\frac{1}{2}c^2ht_2\right]+$$

$$+\frac{1}{2}h^2\left[a\left(\frac{4}{3}a^2-2ac+c^2\right)t_1+\frac{1}{3}c^2ht_2\right]=$$

$$=\frac{1}{2}18{,}65^2\left[\frac{1}{6}50^3\cdot 2+11\left(\frac{4}{3}11^2+2\cdot 11\cdot 37+37^2\right)\cdot 2+\right.$$

$$\left.+37^2\cdot 46\cdot 2\right]+18{,}65\cdot 46\left[11\left(-\frac{4}{3}11^2+37^2\right)\cdot 2+\right.$$

$$\left.+\frac{1}{2}37^2\cdot 46\cdot 2\right]+\frac{1}{2}46^2\left[11\left(\frac{4}{3}11^2-2\cdot 11\cdot 37+37^2\right)2+\frac{1}{3}37^2\cdot 46\cdot 2\right]$$

$$I_\omega=38\,119\,593+78\,835\,017+83\,299\,789=200\,254\,399\text{ cm}^6$$

Calculul forței critice de flambaj (4.13)

$$y_C=y_G+y_c=18{,}74+18{,}65=37{,}39\text{ cm}$$

$$i_c^2=\frac{102\,426+108\,150}{324}+37{,}39^2=649{,}93+1\,398{,}01=2\,047{,}94\text{ cm}^2$$

$$k=1-\frac{37{,}39^2}{2\,047{,}94}=1-0{,}68=0{,}32$$

$$N_t=\frac{3{,}14^2\cdot 21\,000\cdot 108\,150}{500^2}=89\,571\text{ kN}$$

$$N_r=\frac{1}{2\,047{,}94}\left(8\,100\cdot 432+\frac{3{,}14^2\cdot 21\,000\cdot 83\,299\,789}{500^2}\right)=35\,396\text{ kN}$$

$$N_t+N_r=124\,967\text{ kN}$$

$$N_{cr}=\frac{1}{2\cdot 0{,}32}\left[124\,967-\sqrt{124\,967^2-4\cdot 0{,}32\cdot 89\,571\cdot 35\,396}\right]=$$

$$=\frac{1}{0{,}64}\left[124\,967-107\,511\right]=27\,275\text{ kN}.$$

Verificarea condiției de rigiditate

$$\lambda_{tr}=3{,}14\sqrt{\frac{21\,000\cdot 324}{27\,275}}=49{,}6\approx 50$$

$$\lambda_x=\frac{500}{17{,}78}=28\,;\qquad \lambda_y=\frac{500}{18{,}27}=27.$$

Din tabelul 4.29 pentru OL 52 secțiune tip b (v. tabelul 4.1) și $\lambda=50$ rezultă $\varphi_b=0{,}708$.

Verificarea condiției capacității portante de exploatare :

— de rezistență nu este necesar deoarece slăbirile cauzate de găuri de nit reprezintă cu mult mai puțin decît 0,30 din aria brută a secțiunii barei ;

— de stabilitate se face cu relația (4.10 b) :

$$\sigma=\frac{620\,000}{0{,}708\cdot 324}=2\,703\text{ daN/cm}^2\approx\sigma_a.$$

Dacă nu se ține seama de flambajul prin încovoiere-răsucire, considerînd că prin legăturile de la capete și intermediare, la treimi, răsucirea este împiedicată, rezultă :

pentru $\lambda_x=28$, $\varphi_b=0{,}871-\frac{8}{10}0{,}058=0{,}825$

$$\sigma=\frac{620\,000}{0{,}825\cdot 324}=2\,319\text{ daN/cm}^2<\sigma_a.$$

Conform STAS 1911-75 nu se ține seama de încovoierea din greutatea proprie deoarece lungimea barei satisface condiția $l<6{,}0$ m, iar rigiditatea nodurilor nu se ia în considerare, deoarece $e=28{,}26\text{ cm}<\frac{l}{10}=50\text{ cm}$ (v. fig. 4.31).

Verificarea stabilității locale a pereților. Se face conform STAS 1911-75, astfel :

— Verificarea inimilor verticale, cu $\theta=\frac{bt}{h\delta}$ rezultă :

$$\frac{h}{t}=\frac{46}{2}=23<52{,}5-7{,}5\theta^2=52{,}5-7{,}5\left(\frac{35\cdot 2}{46\cdot 2}\right)^2=48{,}2.$$

— Verificarea platbandei superioare

$$\frac{c}{t}=\frac{35}{2}=17{,}5<60-150^2=60-15\left(\frac{46\cdot 2}{35\cdot 2}\right)^2=34.$$

— Verificarea platbandei inferioare

$$\frac{b'}{t}=\frac{10}{2}=5<12.$$

Exemplul 4.8. Să se dimensioneze, pentru grinda principală a unui pod de șosea cu calea sus, montantul *4—5* (fig. 4.33, *a-c*), cunoscîndu-se :

Solicitările din :

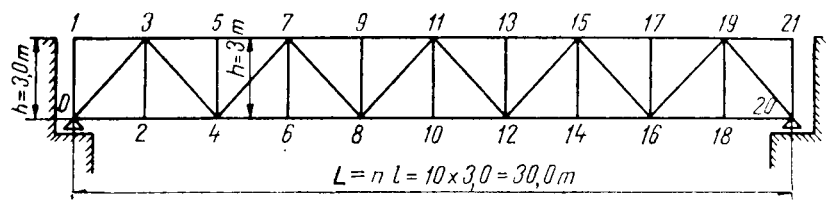
— încărcarea permanentă $N_g=-120$ kN

— încărcarea mobilă din convoi A 10 $N_p=-360$ kN

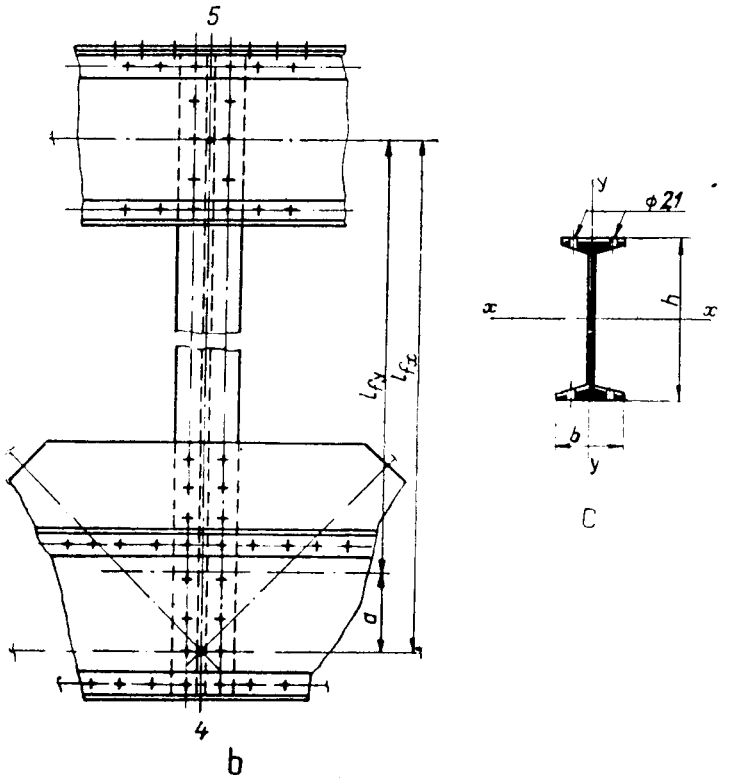
— încărcare cu oameni $N_o=-90$ kN.

Lungimea teoretică a barei *4—5*, $l=3\,000$ mm.

Secțiunea barei se va alcătui din profil I, din OL 37. Prinderea în noduri cu nituri.



a



b

c

Fig. 4.33.

Rezolvare

Stabilirea elementelor de calcul:

Solicitarea maximă (ipoteza I)

$$N=-(120+90+360)=-570 \text{ kN}.$$

Lungimile de flambaj, pe baza tabelului 4.35, sînt

$$l_{fx}=l=300 \text{ cm}$$

$$l_{fy}=l-a=300-50=250 \text{ cm} > 0{,}8l=240 \text{ cm}$$

unde, a s-a apreciat la 500 mm, în funcție de dezvoltarea nodului.

Rezistența admisibilă, conform cap. 2 pentru OL 37, clasa de calitate 2. ipoteza I este $\sigma_a=1\,450$ daN/cm².

Alegerea secțiunii. Din tabelul 4.30 și relația (4.5) rezultă:

pentru $h \leqslant 30$ cm, $K_y=9{,}65$

$$\xi=\sqrt{\frac{9{,}65\cdot 250^2\cdot 1\,450}{57\,000}}\approx 126.$$

Din tabelul 4.31 pentru $\sigma_a=1\,450$ la $\xi_a=126$ corespunde

$$\lambda_y=90+\frac{126-113{,}3}{131{,}6-113{,}3}\,10=97.$$

Din tabelul 4.24 rezultă $\varphi=0{,}595$ și aria necesară se poate calcula cu relația (4.3)

$$A_{nec}=\frac{57\,000}{0{,}595\cdot 1\,450}=66{,}1 \text{ cm}^2.$$

Din tabelul 1.13, cu sortimentul de profile I, se obține:

I 30 cu: $A=69{,}1$ cm²; $i_x=11{,}9$ cm, $i_y=2{,}56$ cm.

Verificarea secțiunii:

— Condiția de rigiditate:

Se calculează cu relația (1.8) zvelțețea barei în raport cu cele două axe:

$$\lambda_x=\frac{l_{fx}}{i_x}=\frac{300}{11{,}9}=25$$

$$\lambda_y=\frac{l_{fy}}{i_y}=\frac{250}{2{,}56}=98<\lambda_a=100.$$

— Condiția capacității portante la exploatare,

1) Condiția de rezistență. Se determină aria netă a secțiunii în regiunea de prindere a barei în nod. Din tabelul 9.3, pentru prinderea în nod a unui profil I 30, rezultă nituri $\varnothing 21$.

Cu acestea, aria netă este:

$$A_n=A-4\,dt=69{,}1-4\cdot 2{,}1\cdot 1{,}58=55{,}83 \text{ cm}^2$$

și

$$\sigma=\frac{N}{A_n}=\frac{57\,000}{55{,}83}=1\,021 \text{ daN/cm}^2<\sigma_a=1\,450 \text{ daN/cm}^2.$$

2) Condiția de stabilitate. Pentru zvelțețea maximă $\lambda_y=98$ din tabelul 4.24 rezultă $\varphi=0{,}589$

$$\sigma=\frac{57\,000}{0{,}589\cdot 69{,}1}=1\,400{,}5 \text{ daN/cm}^2<\sigma_a=1\,450 \text{ daN/cm}^2.$$

Condițiile constructive sînt satisfăcute.

Exemplul 4.9. Să se dimensioneze stîlpul unei estacade care susține grinzile căii de rulare ale unui pod rulant cu puterea de ridicare de 320/80 kN și

deschiderea de 28,0 m. Distanța dintre stîlpi este de 12,0 m. Stîlpul se execută cu zăbrele în construcție sudată din OL 37 (fig. 4.34). Dimensionarea se conduce cu metoda după stările limită.

Rezolvare

Din calculul static sînt cunoscute solicitările la nivelul superior și la baza stîlpului, date în tabelul următor:

Încărcarea	Secțiunea $a-a$			Secțiunea $b-b$		
	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Permanentă	53,5	37,5	—	80	37,5	—
Pod rulant						
R^p_{max}	754,0	527,8	—	754	527,8	—
R^p_{min}	252,8	177,0	—	252,8	177,0	—
Reacțiunile orizontale ale podului, R^H	—	—	—	—	±235,9	±21,2
Vînt pe stîlp și calea de rulare	—	—	—	—	±124,8	±12

Determinarea solicitărilor de calcul

Secțiunea la baza stîlpului (secțiunea $b-b$):

$$\begin{cases} N_{max}=1,1\cdot 80+1,2\cdot 754=992,8 \text{ kN} \\ M_{max}=1,1\cdot 37,5+0,9\,(1,2\cdot 527,8+1,3\cdot 235\cdot 9+1,2\cdot 124,8)=1\,022,06 \text{ kNm} \\ T=\pm(1,3\cdot 21,2+1,2\cdot 12)=\pm 41,96 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_{min}=0,9\cdot 80+1,2\cdot 252,8=375,4 \text{ kN} \\ M_{min}=0,9\cdot 37,5+0,9\,(1,2\cdot 177,0-1,3\cdot 235,9-1,2\cdot 124,8)=-185,87 \text{ kNm} \\ T=\pm 41,96 \text{ kN}. \end{cases}$$

Secțiunea la vîrful stîlpului (secțiunea $a-a$):

$$N_{max}=1,1\cdot 53,5+1,2\cdot 754,0=963,65 \text{ kN}$$

$$M_{max}=1,1\cdot 37,5+1,2\cdot 527,8=674,61 \text{ kNm}.$$

Lungimi de flambaj:

— În plan transversal

$$l_{fx}=2l=2\cdot 980=1\,960 \text{ cm};$$

— În plan longitudinal

$$l_{fy}=980 \text{ cm}.$$

Distanța între nodurile zăbrelelor se apreciază la:

$$l_1=\frac{980-30-125}{8}=103 \text{ cm}.$$

Alegerea secțiunii stîlpului. În urma mai multor încercări și cu unele dimensiuni stabilite și din considerente constructive (lățimea totală și înălțimea ramurilor) s-a ajuns la secțiunea arătată în fig. 4.34 pentru care se calculează caracteristicile geometrice:

— Ramura interioară (fig. 4.35)

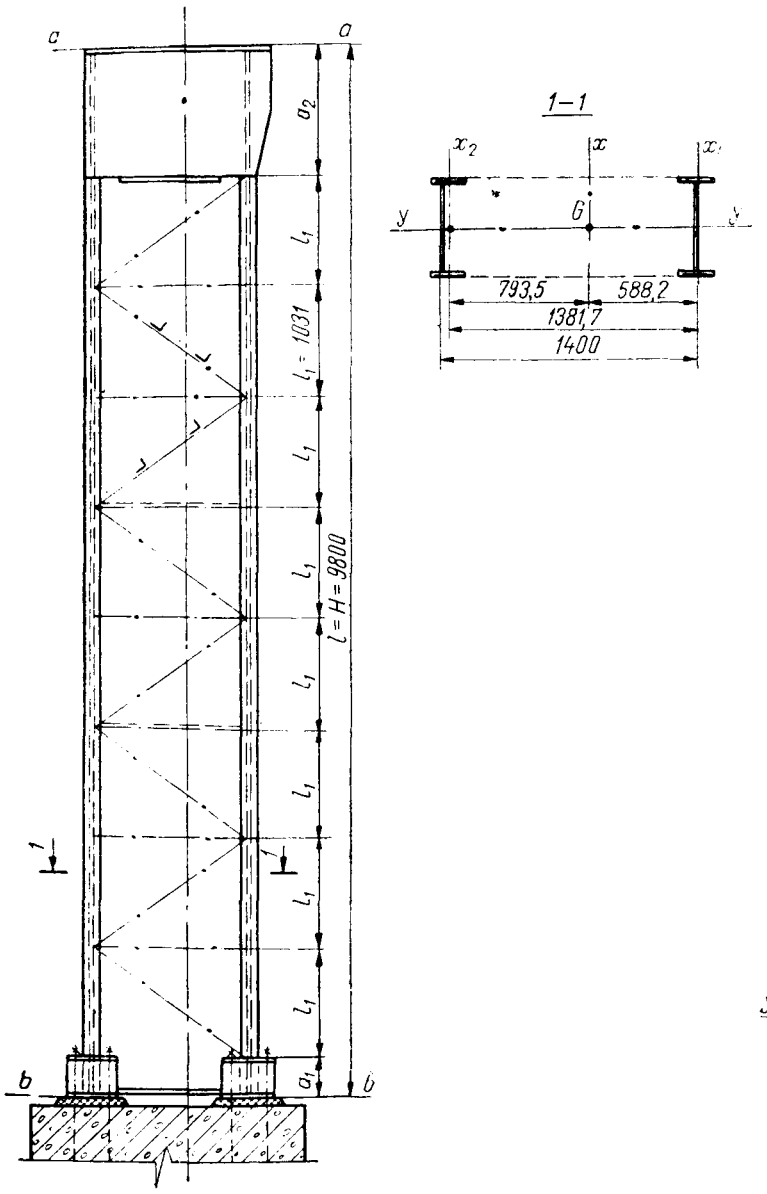


Fig. 4.34.

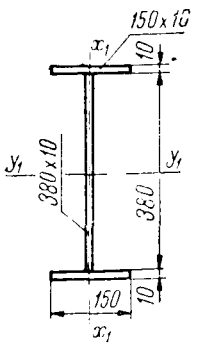


Fig. 4.35.

$$A = 38 + 2 \cdot 15 = 68 \text{ cm}^2$$

$$I_{x_1} = 2\frac{1 \cdot 15^3}{12} + \frac{38 \cdot 1^3}{12} = 566 \text{ cm}^4$$

$$I_{y_1} = \frac{1 \cdot 38^3}{12} + 2 \cdot 15 \cdot 19{,}5^2 = 15\,980 \text{ cm}^4$$

$$i_{x_1} = \sqrt{\frac{566}{68}} = 2{,}89 \text{ cm}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{15\,980}{68}} = 15{,}33 \text{ cm}.$$

— Ramura exterioară (fig. 4.36).

$$A = 38 \cdot 0{,}8 + 2 \cdot 10 = 50{,}4 \text{ cm}^2$$

$$\eta_i = \frac{30{,}4 \cdot 0{,}4 + 2 \cdot 10 \cdot 4}{50{,}4} = 1{,}83 \text{ cm}$$

$$I_{x_2} = 2\frac{1 \cdot 10^3}{12} + 2 \cdot 10\,(4 - 1{,}83)^2 + \frac{38 \cdot 0{,}8^3}{12} + 30{,}4\,(1{,}83 - 0{,}4)^2 = 325 \text{ cm}^4$$

$$I_{y_2} = \frac{0{,}8 \cdot 38^3}{12} + 2 \cdot 10 \cdot 19{,}5^2 = 11\,263 \text{ cm}^4$$

$$i_{x_2} = \sqrt{\frac{325}{50{,}4}} = 2{,}53 \text{ cm}$$

$$i_{y_2} = \sqrt{\frac{11\,263}{50{,}4}} = 14{,}95 \text{ cm}.$$

Secțiunea totală a stîlpului (fig. 4.37).

$$A = 68 + 50{,}4 = 118{,}4 \text{ cm}^2$$

$$x_G = \frac{50{,}4 \cdot 138{,}17}{118{,}4} = 58{,}82 \text{ cm}$$

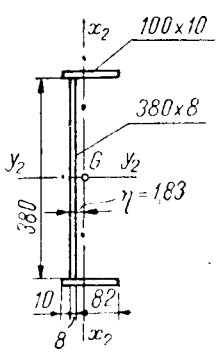


Fig. 4.36.

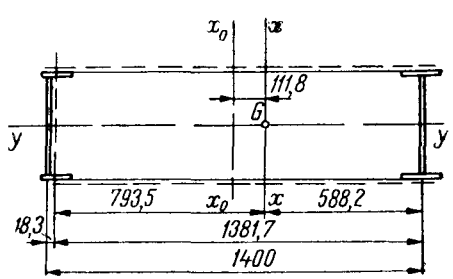


Fig. 4.37

$$I_y = I_{y_1} + I_{y_2} = 15\,980 + 11\,263 = 27\,243 \text{ cm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{27\,243}{118{,}4}} = 15{,}17 \text{ cm}$$

$$I_x = I_{x_1} + A_1 x_G^2 + I_{x_2} + (138{,}17 - x_G)^2 A_2 =$$
$$= 566 + 68 \cdot 58{,}82^2 + 325 + 50{,}4 \cdot 79{,}35^2 = 553\,497 \text{ cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{553\,497}{118{,}4}} = 68{,}37 \text{ cm}.$$

Verificarea stabilității stîlpului în planul transversal în raport cu axa $x-x$

Verificarea se face cu relația (4.42)

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{C_x M_x}{\left(1 - \frac{N}{A\sigma_E}\right) W_x} \leqslant R$$

în care se introduce :

$N = 992{,}8$ kN

$C_x = 0{,}85$ (deoarece nodul superior în planul transversal se poate deplasa liber) ;

φ_x — coeficientul de flambaj care rezultă, din curba B pentru OL 37 (tabelul 4.6), corespunzător zvelteței ;

$\lambda_{tr} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_1^2}$

unde :

$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} = \frac{1\,960}{68{,}37} = 28{,}7$, iar pentru calculul lui λ_1 se apreciază că zăbreluțele se execută dintr-o cornieră L $60 \times 60 \times 6$, cu : $A = 6{,}91$ cm^2 (v. tabelul 1.17). Cu relația (4.30) rezultă :

$$\lambda_1^2 = 27\frac{118{,}4}{2 \cdot 6{,}91} = 231{,}31$$

și

$$\lambda_{tr} = \sqrt{28{,}7^2 + 231{,}31} = 32{,}5 \quad \text{căruia îi corespunde } \varphi_B = 0{,}952.$$

Momentul de încovoiere trebuie redus față de axa centrală $x-x$, la :

$$M = 1\,022{,}06 - 992{,}8 \cdot 0{,}1118 = 911{,}06 \text{ kNm},$$

iar în secțiunea $a-a$

$$M = 674{,}61 - 963{,}45 \cdot 0{,}1118 = 566{,}87 \text{ kNm}.$$

Din tabelul 4.54 pentru $\lambda = 32{,}5$ rezultă

$$\sigma_{E_x} = 215{,}67 \text{ kN/cm}^2$$

$$W_x = \frac{I_x}{e_c} = \frac{553\,497}{58{,}82 + 7{,}5} = 8\,346 \text{ cm}^3$$

$$1 - \frac{N}{\sigma_{E_x} \cdot A} = 1 - \frac{992{,}8}{215{,}67 \cdot 118{,}4} = 0{,}96 ;$$

cu aceste valori relația (4.42) devine :

$$\frac{99\,280}{0{,}952 \cdot 118{,}4} + \frac{0{,}85 \cdot 9\,110\,600}{0{,}96 \cdot 8\,346} = 881 + 967 = 1\,848 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea stabilității stîlpului în sens longitudinal în raport cu axa $y-y$.

Verificarea se face cu relația (4.45)

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \frac{C_x M_x}{\varphi_g \left(1 - \frac{N}{A \sigma_E}\right) W_x} \leqslant R$$

în care se ia :

φ_y — corespunzător coeficientului de zvelteţe din curba A ;

$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{980}{15{,}17} = 64{,}6$; corespunzător $\varphi_y = 0{,}858$;

$\varphi_g = 1$ deoarece prin aşezarea zăbrelelor în două plane paralele răsucirea secţiunii în ansamblu este împiedicată ;

C_x — rezultă din tabelul 4.53 pentru raportul

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{566{,}87}{911{,}06} = 0{,}62$$

se obţine

$$C_x = 0{,}805 + \frac{0{,}02}{0{,}10}\, 0{,}048 = 0{,}814.$$

Cu aceste valori relaţia (4.45) devine :

$$\frac{99\,280}{0{,}858 \cdot 118{,}4} + \frac{0{,}814 \cdot 9\,110\,600}{0{,}94 \cdot 8\,346} = 977 + 945 = 1\,922 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea ramurii interioare, cea mai comprimată

Efortul axial în panoul de la baza stîlpului

$$N_i = -\left(992{,}8\, \frac{0{,}7935}{1{,}3817} + \frac{911{,}06}{1{,}3817}\right) = -1\,229{,}58 \text{ kN}.$$

Efortul axial în panoul superior

$$N_s = -\left(992{,}8\, \frac{0{,}7935}{1{,}3817} + \frac{566{,}87}{1{,}3817}\right) = -980{,}47 \text{ kN}.$$

— Flambajul faţă de axa y_1-y_1 (în afara planului $y-y$).

La determinarea lungimii de flambaj în afara planului $y-y$ se ţine seama de variaţia efortului axial pe lungimea ramurii. Considerînd o variaţie liniară între valorile N_i şi N_s, conform cu tabelul 4.36, rezultă :

$$l_f = l \sqrt{\frac{1 + 0{,}88\, \frac{N_s}{N_i}}{1{,}88}} = 980 \sqrt{\frac{1 + 0{,}88\, \frac{980{,}47}{1\,229{,}58}}{1{,}88}} = 932 \text{ cm}.$$

Cu acestea, rezultă :

$$\lambda_{y_1} = \frac{932}{15{,}33} = 61\ ; \quad \varphi_A = 0{,}875$$

$$\sigma = \frac{122\,958}{0{,}875 \cdot 68} = 2\,067 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

— Flambajul faţă de axa x_1-x_1

$$\lambda_x = \frac{103}{2{,}89} = 36\ ; \qquad \varphi_B = 0{,}942$$

$$\sigma = \frac{122\,958}{0{,}942 \cdot 68} = 1\,920 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea ramurii exterioare

Efortul de întindere (din pod rulant cu reacţiunea minimă şi vînt).

$$N_e = -375{,}4\, \frac{0{,}5882}{1{,}3817} + \frac{185{,}87 + 375{,}4 \cdot 0{,}1118}{1{,}3817} =$$

$$= -159{,}81 + 164{,}90 = +5{,}09 \text{ kN}.$$

Efortul de întindere din încărcarea permanentă plus vînt.

$$N = 0{,}9 \cdot 80 = 72 \text{ kN}$$

$$M = 0{,}9 \cdot 37{,}5 - 1{,}2 \cdot 124{,}8 - 72 \cdot 0{,}1118 = -124{,}06 \text{ kNm}$$

$$N_e = -72\, \frac{0{,}5882}{1{,}3817} + \frac{124{,}06}{1{,}3817} = +59{,}14 \text{ kN}.$$

Efortul maxim de compresiune :

$$N = 992{,}8 \text{ kN}$$

$$M = 1{,}1 \cdot 37{,}5 + 0{,}9\,(1{,}2 \cdot 527{,}8 - 1{,}3 \cdot 235{,}9 - 1{,}2 \cdot 124{,}8) -$$

$$- 992{,}8 \cdot 0{,}1118 = 41{,}25 + 159{,}24 - 111{,}0 = +89{,}49 \text{ kNm}$$

$$N_e = -992{,}8\, \frac{0{,}5882}{1{,}3817} + \frac{89{,}49}{1{,}3817} = -422{,}64 + 64{,}77 = -357{,}87 \text{ kN}.$$

Cu aceeaşi lungime de flambaj a ramurii exterioare ca a ramurii interioare, rezultă :

$$\lambda_{y_2} = \frac{932}{14{,}95} = 62\ ; \quad \varphi_A = 0{,}870$$

$$\sigma = \frac{35\,787}{0{,}87 \cdot 50{,}4} = 816 \text{ daN/cm}^2 < 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

În planul stîlpului

$$\lambda_{x_2} = \frac{206}{2{,}53} = 81{,}4\ ; \quad \varphi_B = 0{,}683.$$

$$\sigma = \frac{35\,787}{0{,}683 \cdot 50{,}4} = 1\,040 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea la întindere

$$\sigma = \frac{5\,914}{50{,}4} = 117 \text{ daN/cm}^2 < 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Calculul și dimensionarea zăbrelușelor (fig. 4.38)

Forța tăietoare totală

$$T = 41{,}96 + 0{,}012\,AR = 41{,}96 + 0{,}012 \cdot 118{,}4 \cdot 21 = 71{,}80 \text{ kN}$$

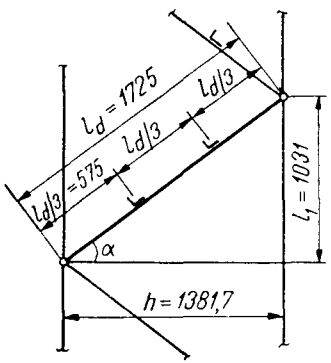


Fig. 4.38.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1\,031}{1381{,}7} = 0{,}746\,; \quad \alpha = 36°45'$$

$$\cos\alpha = 0{,}801$$

$$D = \pm\frac{7\,180}{2 \cdot 0{,}801} = \pm 4\,482 \text{ daN}.$$

Se alege o cornieră L $60 \times 60 \times 6$ cu

$A = 6{,}91$ cm^2; $i_x = 1{,}82$ cm; $l = 172{,}5$ cm

$$\lambda = \frac{172{,}5}{1{,}82} = 95\,; \quad \varphi_C = 0{,}525.$$

La calculul coeficientului de zvelțețe s-a luat i_x deoarece cele două zăbrele din cele două plane paralele sînt legate la treimi cu cîte o cornieră L $40 \times 40 \times 4$ și deci flambajul față de axa de inerție minimă este împiedicat.

$$\sigma = \frac{4\,482}{0{,}525 \cdot 6{,}91} = 1\,235 \text{ daN/cm}^2 < 0{,}75\,R = 1\,575 \text{ daN/cm}^2.$$

Exemplul 4.10. Să se dimensioneze stîlpul de la parterul unei clădiri cu multe etaje cu metoda după stările limită. Înălțimea parterului este $h = 5{,}0$ m (fig. 4.39, *a-c*). Execuție sudată din OL 52.

Rezolvare

Din calculul static sînt cunoscute eforturile de dimensionare:

Încărcarea	n	nN (kN)	nM_s (kNm)	nM_i (kNm)
Permanentă	1,1	10 500	42,2	21,1
Utilă	1,3	13 400	99,8	50,0
Totală	—	23 900	142,0	71,1

Momentele M_s și M_i se referă la cele două capete ale stîlpului. Forțele orizontale (din vînt și seism) sînt preluate de contravîntuiri verticale.

Alegerea secțiunii. Momentul fiind relativ mic în comparație cu forța axială, determinarea aproximativă a secțiunii se face ca la o bară solicitată la compresiune centrică. Din tabelul 4.30 pentru o secțiune închisă (fig. 4.39, *b*) formată din platbande rezultă $K_y = 1{,}50$. Cu relația (4.4) se obține:

$$\xi = \sqrt{\frac{1{,}5 \cdot 500^2 \cdot 3\,000}{2\,390\,000}} = 21{,}7.$$

Din tabelul 4.32 pentru OL 52, curba *B* rezultă:

$$\lambda = 20 + \frac{1{,}4}{5{,}2} \cdot 5 \approx 21 \quad \text{și} \quad \varphi_B = 0{,}971.$$

Secțiunea necesară se calculează cu relația (4.3), astfel

$$A_{nec} = \frac{2\,390\,000}{0{,}971 \cdot 3\,000} = 820 \text{ cm}^2.$$

Se alege secțiunea din fig. 4.39, *b* pentru care se calculează mărimile statice în tabelul următor.

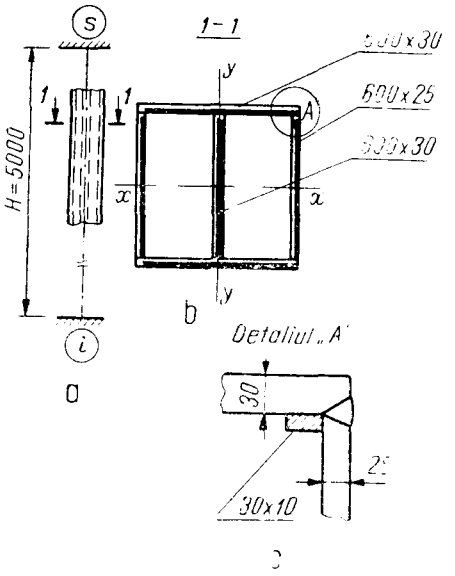


Fig. 4.39.

Secțiunea transversală formată din:	A (cm^2)	I_x (cm^4)	I_y (cm^4)
Inima 600×30	180	54 000	135
Inima $2 \times 600 \times 25$	300	90 000	218 125
Talpa $2 \times 600 \times 30$	360	357 000	108 000
Total	840	501 480	356 260

$$i_x = \sqrt{\frac{501\,480}{840}} = 24{,}43 \text{ cm}\,; \quad \lambda_x = \frac{500}{24{,}43} = 20\,; \quad \varphi_A = 0{,}983$$

$$i_y = \sqrt{\frac{356\,260}{840}} = 20{,}59 \text{ cm}\,; \quad \lambda_y = \frac{500}{20{,}59} = 24\,; \quad \varphi_B = 0{,}962$$

$$W_x = \frac{501\,480}{32} = 15\,196 \text{ cm}^3.$$

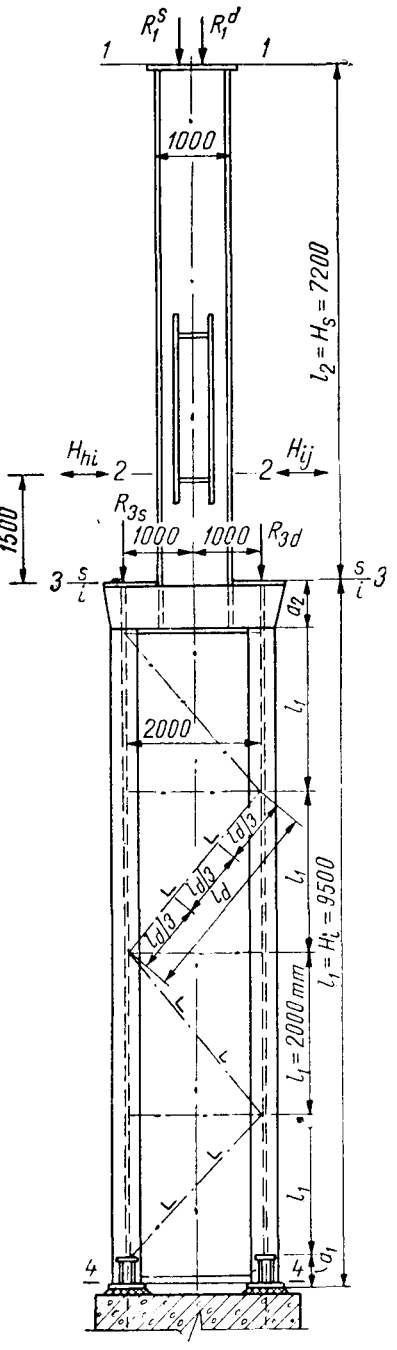


Fig. 4.40.

Verificarea secțiunii în planul momentului :

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{71,1}{142} = 0,5 \; ; \quad C_x = 0,758$$

$$\sigma_{E_x} = 518,16 \text{ kN/cm}^2$$

$$\left(1 - \frac{N}{A\sigma_E}\right) = 1 - \frac{22\,900}{840 \cdot 518,16} = 0,945$$

$$\sigma = \frac{2\,390\,000}{0,983 \cdot 840} + \frac{1\,420\,000 \cdot 0,758}{0,945 \cdot 15\,196} = 2\,891 + 75 = 2\,969 \text{ daN/cm}^2 < R.$$

Verificarea în plan perpendicular pe planul momentului :

$$\sigma = \frac{2\,390\,000}{0,962 \cdot 840} + 75 = 2\,958 + 75 = 3\,033 \text{ daN/cm}^2 \approx R.$$

Exemplul 4.11. Să se dimensioneze cu metoda după stările limită stîlpul central al unei hale industriale la care ramura superioară este executată cu inima plină iar ramura inferioară cu zăbrele. Dimensiunile principale sînt date în fig. 4.40. Stîlpul se execută sudat din OL 37.

Rezolvare

Din calculul static sînt cunoscute solicitările în secțiunile specificate în fig. 4.40 și tabelul alăturat. Solicitările M, T, N, date în tabel sînt înmulțite cu coeficienții încărcărilor.

Pentru stabilirea lungimilor de flambaj a celor două ramuri se acceptă următoarele rapoarte :

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{720}{950} = 0,76 \; ; \quad \frac{I_2}{I} = 0,1 \; ; \quad \frac{P_1}{P_2} = 3.$$

1) *Flambajul în planul cadrului.* Hala industrială avînd mai multe deschideri și considerînd că prin invelitoare și contravîntuirile din planul acoperișului se creează o șaibă rigidă, capătul superior al stîlpului se consideră nedeplasabil.

TABEL CENTRALIZATOR DE EFORTURI

Secțiunea	Solicitare kNm ; kN		Din încărcarea permanentă (ferme+grinzi+stîlpi) $n_p = 1,1$	Din încărcarea cu zăpadă $n_z = 1,4$	Din reacțiunea verticală a podurilor rulante $n = 1,2$				Din reacțiunea orizontală a podurilor rulante $n = 1,3$				Din vînt pe pereți și acoperiș $n = 1,2$	
					în deschidere $h-i$		în deschidere $i-j$		$H_{h-i} = 18,39$ kN		$H_{i-j} = 40,60$ kN		Stînga	Dreapta
					$R_{3s\,min}$	$R_{3s\,max}$	$R_{3d\,max}$	$R_{3d\,min}$	pe h	pe i	pe i	pe j		
1	M	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	N	−610,5	−554,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+259	+244
2	M	−2,00	+1,00	+127	+124	−1,86	−191	−20,94	∓19	45	68	50,22	+503	−135
	T	+0,17	+0,29	+22,20	+21,70	−32,6	−33,6	∓5,43	∓20,63	11,98	50,22	—	87,68	23,37
	N	−610,5	−554,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+259	+244
3s	M	−2,00	+1,00	+160	+156	−235	−241	−39,09	12	+86	30	50,22	+645	−168
	T	+0,17	+0,29	+10,19	+21,70	32,6	33,6	5,43	20,63	11,98	50,22	—	87,67	23,37
	N	−610,5	−554,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+259	+244
3i	M	−2,00	+2,00	−188	−657	+10,83	+191	39	12	86	30	50,22	+635	−168
	T	0,17	0,29	10,19	21,70	32,6	33,6	5,43	20,63	11,98	50,22	—	87,68	23,37
	N	−872,3	−554,4	−347	−813,6	−1 317,6	−432,0	—	—	—	—	—	+259	+233
4	M	−5,00	−4,00	+23	−451	+773	−128	∓91	208	200	507	50,22	+1 472	−390
	T	0,17	+0,29	10,19	21,70	32,6	33,6	5,43	20,63	11,98	50,22	—	87,67	23,37
	N	−872,3	−554,4	−347	−813,6	−1 317,6	−432,0	—	—	—	—	—	+259	+244

Din tabelul 4.36 rezultă :

$$\mu_{12}=2{,}46+\frac{0{,}14}{0{,}10}0{,}06=2{,}54$$

$$\mu_{11}=1{,}36+\frac{0{,}09}{0{,}10}0{,}06=1{,}41$$

$$c=\frac{P_1+P_2}{P_2}=4\,;\quad c_1=\frac{l_2}{l_1}\sqrt{\frac{I_1}{I_2 c}}=0{,}76\sqrt{\frac{1}{0{,}1\cdot 4}}=1{,}20$$

$$\mu_1=\sqrt{\frac{(c-1)\,\mu_{11}^2+\mu_{12}^2}{c}}=\sqrt{\frac{3\cdot 1{,}41^2+2{,}54^2}{4}}=1{,}76$$

$\mu_2=\frac{\mu_1}{c_1}=\frac{1{,}76}{1{,}20}=1{,}47$. Cu acestea, lungimile de flambaj rezultă :

$$l_{1x}=l_1\mu_1=9{,}5\cdot 1{,}76=16{,}72\text{ m}$$

$$l_{2x}=l_2\mu_2=7{,}2\cdot 1{,}47=10{,}58\text{ m}.$$

2) *Lungimile de flambaj în afara planului cadrului :*

$$l_{1y}=l_1=9{,}50\text{ m}\,;\qquad l_{2y}=l_2=7{,}20\text{ m}.$$

3) *Dimensionarea ramurii superioare.* Solicitările de calcul în secțiunea cea mai solicitată (*3s*, v. tabelul centralizator de eforturi) :

$$\begin{cases} M_{max}=-2{,}0+0{,}9\,(1.0+160+39+635)=+749{,}5\text{ kNm}\\ N=-611-0{,}9\,(554-259)=-876{,}5\text{ kN}\end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{min}=-2{,}0-0{,}9\,(-1{,}0+241+86+168)=-446{,}6\text{ kNm}\\ N=-611-0{,}9\,(554-244)=-890{,}0\text{ kN}.\end{cases}$$

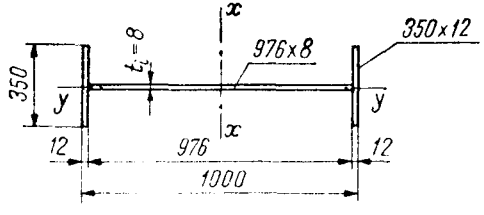


Fig. 4.41.

După mai multe încercări, se alege secțiunea ramurii superioare cu dimensiunile din fig. 4.41.

Calculul caracteristicilor geometrice și al mărimilor statice se face astfel :

Secțiunea transversală formată din :	A (cm²)	I_x (cm⁴)	I_y (cm⁴)
Inima 976×8	78,08	61 981	4
Tălpi 2×350×12	84,00	205 000	8 575
Total	162,08	266 981	8 579

$$i_x=\sqrt{\frac{266\,981}{162{,}08}}=40{,}59\text{ cm}\,;\quad i_y=\sqrt{\frac{8\,579}{162{,}08}}=7{,}27\text{ cm}$$

$$W_x=\frac{266\,981}{50}=5\,339{,}6\text{ cm}^3\,;\quad I_r=\frac{1}{3}(2\cdot 35\cdot 1{,}2^3+97{,}6\cdot 0{,}8^3)=57\text{ cm}^4.$$

Verificarea stabilității în planul cadrului. Verificarea se face cu relația **(4.42)**

$$\lambda_x=\frac{1\,058}{40{,}59}=26\quad\text{și}\quad\varphi_A=0{,}981\,;$$

pentru $M_2/M_1=0$ din tabelul 4.53 rezultă : $C_x=0{,}548$
și din tabelul 4.54 pentru $\lambda_x=26$ rezultă

$$\sigma_E=306{,}56\text{ kN/cm}^2\quad\text{și}\quad 1-\frac{N}{A\sigma_E}=1-\frac{876{,}50}{162{,}08\cdot 306{,}56}=0{,}9825.$$

Cu aceste valori relația (4.30 b) se scrie

$$\sigma=\frac{87\,650}{0{,}981\cdot 162{,}08}+\frac{0{,}548\cdot 7\,495\,000}{0{,}9825\cdot 539{,}6}=551+783=1\,334\text{ daN/cm}^2<R=$$
$$=2\,100\text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea stabilității în afară de planul cadrului. Verificarea se face cu **relația (4.42)** calculînd în prealabil :

$$\lambda_y=\frac{720}{7{,}27}=99\,;\qquad\varphi_B=0{,}559\,;$$

$C_x=0{,}548$ (condițiile de rezemare fiind aceleași ca și cele din planul cadrului) ; φ_y **rezultă în funcție de** λ_{tr} care se obține pentru secțiunea dublu simetrică **din :**

$$\lambda_{tr}=\gamma\frac{\mu l_2}{i_y}$$

γ **rezultă din tabelul** 4.55 în funcție de

$$\left(\frac{l_2}{h}\right)^2\frac{I_r}{I_y}=\left|\frac{720}{100}\right|^2\frac{57}{8\,579}=0{,}342\quad\text{și se obține :}$$

$$\gamma=0{,}797-\frac{0{,}242}{0{,}400}0{,}012=0{,}790.$$

Cu aceasta, rezultă :

$$\lambda_{tr}=0{,}790\,\frac{1\cdot 720}{7{,}27}=78{,}2\,;\quad\text{căruia îi corespunde :}\quad\varphi_y=0{,}706$$

$$\sigma=\frac{87\,650}{0{,}559\cdot 162{,}08}+\frac{0{,}548\cdot 7\,495\,000}{0{,}9825\cdot 0{,}706\cdot 5\,339{,}6}=$$
$$=967+1\,109=2\,076\text{ daN/cm}^2<R=2\,100\text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea ramurii superioare în secțiunea slăbită prin golul de trecere (secțiunea 2—2)

— Determinarea solicitărilor de calcul :

$$M_{max} = -2{,}00 + 0{,}9\,(1{,}00 + 127 + 30{,}94 + 503) = 593{,}75 \text{ kNm}$$

$$N = -611 - 0{,}9\,(554 - 259) = 876{,}50 \text{ kN}$$

$$T = 0{,}17 + 0{,}9\,(0{,}29 + 22{,}2 + 5{,}43 + 87{,}68) = 104{,}21 \text{ kN}.$$

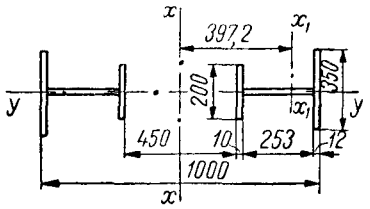


Fig. 4.42.

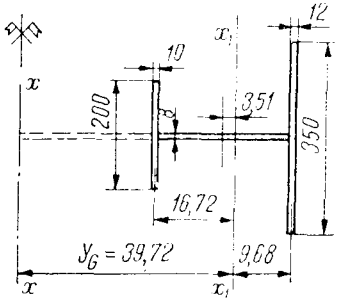


Fig. 4.43.

— Determinarea centrului de greutate al unei ramuri (fig. 4.42) în raport cu axa $x-x$ a stîlpului :

$$y_G = \frac{35 \cdot 1{,}2 \cdot 49{,}4 + 25{,}3 \cdot 0{,}8 \cdot 36{,}15 + 20 \cdot 23}{42 + 20{,}24 + 20} = \frac{3\,266{,}476}{82{,}24} = 39{,}72 \text{ cm}.$$

— Determinarea solicitărilor într-o ramură la marginea inferioară a golului :

$$N_0 = \frac{N}{2} + \frac{M}{h} = \frac{876{,}50}{2} + \frac{59\,375}{2 \cdot 39{,}72} = 438{,}25 + 747{,}42 = 1\,185{,}67 \text{ kN}$$

$$M_0 = \frac{T}{2} \cdot \frac{H}{2} = \frac{104{,}21}{2} \cdot \frac{1{,}80}{2} = 46{,}89 \text{ kNm}$$ (H reprezintă înălțimea golului).

Caracteristicile geometrice ale unei ramuri (fig. 4.43)

$$A_1 = 42 + 20{,}24 + 20 = 82{,}24 \text{ cm}^2$$

$$I_{x_1} = \frac{1{,}2^3 \cdot 35}{12} + 42 \cdot 9{,}68^2 + \frac{0{,}8 \cdot 25{,}3^3}{12} + 20{,}24 \cdot 3{,}57^2 +$$

$$+ \frac{1^3 \cdot 20}{12} + 20 \cdot 16{,}72^2 = 9\,889{,}8 \text{ cm}^4$$

$$W^0_{x_1} = \frac{9889{,}8}{10{,}28} = 962 \text{ cm}^3.$$

Efortul unitar normal rezultă :

$$\sigma = \frac{118\,567}{82{,}24} + \frac{468\,900}{962} = 1\,442 + 487 = 1\,929 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

4) *Dimensionarea ramurii inferioare.*

— Determinarea eforturilor de calcul în secțiunea *3i* (v. fig. 4.40)

$$\begin{cases} M_{max} = -2{,}00 + 0{,}9\,(2{,}0 + 1\,083 + 86 + 635) = +1\,623{,}4 \text{ kNm} \\ N = -872 - 0{,}9\,(554 + 1\,318 - 259) = -2\,323{,}7 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{min} = -2{,}00 - 0{,}9\,(-2{,}00 + 657 + 39 + 168) = -777{,}8 \text{ kNm} \\ N = -872 - 0{,}9\,(554 + 814 - 244) = -1\,883{,}6 \text{ kN} \end{cases}$$

sau

$$\begin{cases} M_{min} = -2{,}00 - 0{,}9\,(-2{,}00 + 657 + 39) = -626{,}6 \text{ kNm} \\ N = -872 - 0{,}9\,(544 + 814) = -2\,094{,}2 \text{ kN}. \end{cases}$$

— Determinarea eforturilor de calcul în secțiunea *4—4* de pe stîlp :

$$\begin{cases} M_{max} = -5{,}00 + 0{,}9\,(4{,}00 + 773 + 507 + 1\,472) = +2\,475{,}4 \text{ kNm} \\ N = -872 - 0{,}9\,(554 + 1\,318 - 259) = -2\,323{,}7 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{min} = -5{,}00 - 0{,}9\,(-4{,}00 + 451 + 208 + 390) = -945{,}5 \text{ kNm} \\ N = -872 - 0{,}9\,(554 + 814 - 244) = -1\,883{,}6 \text{ kN} \end{cases}$$

$$T_{max} = 0{,}97 + 0{,}9\,(0{,}29 + 33{,}6 + 50{,}22 + 87{,}67) = 154{,}7 \text{ kN}.$$

Diferența dintre momentele maxime și minime este mare deoarece podurile din deschiderea $i-j$ au o capacitate de ridicare mult mai mare ca cele din deschiderea $h-i$.

Secțiunea cea mai solicitată a ramurii inferioare rezultă așadar secțiunea *4—4*.

Alegerea secțiunii. După mai multe încercări se alege secțiunea din fig. 4.44, pentru care se calculează :

$$A = 48 + 2 \cdot 30 + 47 + 2 \cdot 45 = 245 \text{ cm}^2$$

$$y_G = \frac{(48 + 2 \cdot 30)\,200}{245} = \frac{108 \cdot 200}{245} = 88{,}16 \text{ cm}$$

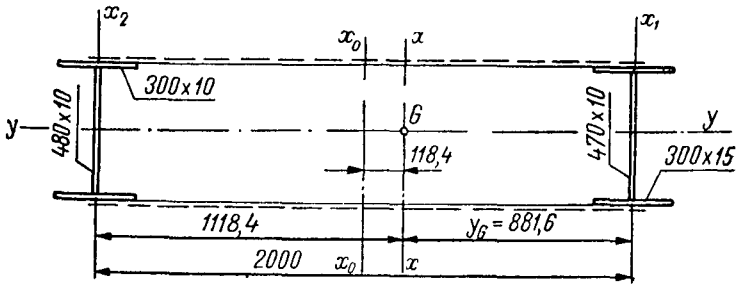


Fig. 4.44.

$$I_x = 4 + \frac{1 \cdot 30^3}{12} \cdot 2 + 108 \cdot 111{,}84^2 + 4 + \frac{1{,}5 \cdot 30^3}{12} \cdot 2 + 137 \cdot 88{,}16^2 = 2\,426\,931 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{1 \cdot 48^3}{12} + 2 \cdot 30 \cdot 24{,}5^2 + \frac{1 \cdot 47^3}{12} + 2 \cdot 45 \cdot 24{,}25^2 = 106\,809 \text{ cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{2\,426\,931}{245}} = 99{,}53 \text{ cm}; \quad i_y = \sqrt{\frac{106\,809}{245}} = 20{,}88 \text{ cm}.$$

Verificarea stabilității în planul cadrului. Verificarea se face cu relația (4.42) unde se ia : $C_x = 0{,}85$:

φ_x rezultă din curba B pentru OL 37 corespunzător unui coeficient de zvelțețe transformat :

$$\lambda_{tr} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_1^2}$$

unde

$$\lambda_x = \frac{1\,672}{99{,}53} = 16{,}8.$$

Cu relația (4.30) admițînd că zăbrelele stîlpului se realizează din oțel cornier L 80×80×8, rezultă

$$\lambda_1^2 = 27 \frac{245}{2 \cdot 12{,}3} = 268{,}9,$$

cu aceasta se obține :

$$\lambda_{tr} = \sqrt{16{,}8^2 + 268{,}9} = 23{,}47 \quad \text{și} \quad \varphi_B = 0{,}975.$$

Din tabelul 4.54 pentru $\lambda_{tr} = 24$ rezultă

$$\sigma_E = 359{,}83 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{și} \quad 1 - \frac{2\,323{,}7}{245 \cdot 359{,}8} = 0{,}974, \quad \text{iar :}$$

$$W_x = \frac{2\,426\,931}{88{,}16 + 15} = 23\,520 \text{ cm}^3.$$

Momentele de încovoiere trebuie reduse față de axele centrale principale, rezultînd :

$$M_{1x} = 24\,754\,000 - 232\,370 \cdot 11{,}84 = 22\,002\,739 \text{ daNcm}$$

$$M_{2x} = 16\,234\,000 - 232\,370 \cdot 11{,}84 = 13\,482\,739 \text{ daNcm}.$$

Cu aceste valori calculate, din relația (4.42) rezultă :

$$\frac{232\,370}{0{,}975 \cdot 245} + \frac{0{,}85 \cdot 22\,002\,739}{0{,}974 \cdot 23\,526} = 973 + 816 = 1\,789 \text{ daN/cm}^2 < R = 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea stabilității în afara planului cadrului. Verificarea se face cu relația (4.45) unde se ia :

C_x din tabelul 4.53 corespunzător raportului

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{1\,348{,}27}{2\,200{,}27} = 0{,}61;$$

rezultă

$$C_x = 0{,}853 - \frac{0{,}048}{0{,}1} 0{,}09 = 0{,}810;$$

φ_x corespunde coeficientului de zvelțețe

$$\lambda_x = \frac{950}{20{,}88} = 45{,}5 \quad \text{și este} \quad \varphi_A = 0{,}934;$$

$\varphi_y = 1$ deoarece cele două tălpi sînt legate cu zăbrele așezate în două plane paralele și deci răsucirea secțiunii în ansamblu este împiedicată.
Rezultă :

$$\frac{232\,370}{0{,}934 \cdot 245} + \frac{0{,}810 \cdot 22\,002\,739}{0{,}974 \cdot 23\,526} = 1\,015 + 778 = 1\,793 \text{ daN/cm}^2 < 2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea ramurii cea mai comprimată. Efortul axial la capătul superior (secțiunea *3i*) al stîlpului este :

$$N_s = -2\,323{,}7 \frac{111{,}84}{200} - \frac{1\,318{,}27}{2{,}00} = -1\,299{,}41 - 674{,}14 = -1\,973{,}55 \text{ kN}.$$

Efortul axial la capătul inferior (secțiunea *1*) rezultă :

$$N_i = -1\,299{,}41 - \frac{2\,200{,}27}{2{,}0} = -1\,299{,}41 - 1100{,}14 = -2\,399{,}55 \text{ kN}.$$

Caracteristicile geometrice ale secțiunii ramurii celei mai comprimate (v. fig. 4.44)

Secțiunea transversală a ramurii celei mai comprimate	A (cm²)	I_{z1} (cm⁴)	I_y (cm⁴)
470×10	47	4	8 652
2×300×15	90	8 100	52 942
Total	137	8 104	61 594

$$i_x = \sqrt{\frac{8\,104}{137}} = 7{,}69 \text{ cm} \qquad i_y = \sqrt{\frac{61\,591}{137}} = 21{,}20 \text{ cm}.$$

Lungimea de flambaj față de axa $y-y$

$$l_f = l \sqrt{\frac{1 + 0{,}88 \frac{N_s}{N_i}}{1{,}88}} = 980 \sqrt{\frac{1 + 0{,}88 \frac{1\,973{,}75}{2\,399{,}55}}{1{,}88}} = 938 \text{ cm}.$$

Coeficienții de zvelțețe a ramurii celei mai comprimate, rezultă :

$$\lambda_y = \frac{938}{21{,}20} = 44{,}3 \quad \text{și} \quad \varphi_A = 0{,}939$$

$$\lambda_x = \frac{200}{7{,}69} = 26 \quad \text{și} \quad \varphi_B = 0{,}970.$$

Efortul unitar maxim este

$$\sigma=\frac{239\,955}{0{,}939\cdot 137}=1\,865\ \text{daN/cm}^2<R=2\,100\ \text{daN/cm}^2.$$

Verificarea ramurii mai puțin comprimate. Momentele de încovoiere trebuie reduse față se axele centrale principale rezultînd :

$M_i=945{,}5+1\,883{,}6\cdot 0{,}1186=945{,}5+223{,}4=1\,168{,}9$ kNm

$M_s=778{,}8+1\,883{,}6\cdot 0{,}1186=1\,002{,}2$ kNm

Efortul axial la capătul inferior

$$N_i=-1\,883{,}6\,\frac{88{,}16}{200}-\frac{1\,168{,}9}{2{,}0}=-830{,}29-584{,}45=-1\,414{,}74\ \text{kN}.$$

Efortul axial la capătul superior

$$N_s=-830{,}29-\frac{1\,002{,}2}{2}=-830{,}29-501{,}10=-1\,331{,}39\ \text{kN}.$$

Caracteristicile geometrice ale secțiunii ramurii mai puțin comprimată (v. fig. 4.44), sînt :

Secțiunea transversală a ramurii mai puțin comprimată	A (cm²)	I_{x2} (cm⁴)	I_y (cm⁴)
480×10	48	4	9 216
2×300×10	60	4 500	36 021
Total	108	4 504	45 237

$$i_x=\sqrt{\frac{4\,504}{108}}=6{,}46\ \text{cm};\qquad i_y=\sqrt{\frac{45\,237}{108}}=20{,}47\ \text{cm}.$$

Lungimea de flambaj se obține din relația (v. tabelul 4.36) :

$$l_f=980\sqrt{\frac{1+0{,}88\,\frac{1\,331{,}39}{1\,414{,}74}}{1{,}88}}=966\ \text{cm}.$$

Coeficienții de zvelțețe rezultă din relația (4.11), astfel :

$$\lambda_y=\frac{966}{20{,}47}=47\quad\text{și}\quad\varphi_A=0{,}932$$

$$\lambda_x=\frac{200}{6{,}46}=31\quad\text{și}\quad\varphi_B=0{,}957.$$

Efortul unitar normal este :

$$\sigma=\frac{141\,474}{0{,}932\cdot 108}=1\,406\ \text{daN/cm}^2<R=2\,100\ \text{daN/cm}^2.$$

Dimensionarea zăbrelelor se face la forța tăietoare totală [v. relația (4.59)], astfel :

$$T=154{,}70+0{,}012\cdot 245\cdot 21=$$

$$=154{,}7+61{,}7=216{,}4\ \text{kN}.$$

Efortul într-o diagonală înclinată față de axa stîlpului cu unghiul $\alpha=45°$, se determină cu formula (4.37)

$$D=\pm\frac{216{,}4}{2\cdot 0{,}707}=\pm 153{,}04\ \text{kN}.$$

Zăbrelele se execută din oțel cornier L 100×100×10, cu : $A=19{,}20$ cm² ; $i_x=3{,}04$ cm și $i_v=1{,}95$ cm. Deoarece cele două zăbrele sînt legate între ele la treimi, în calcul intervine $i_x=3{,}04$ cm. Cu acestea și știind că lungimea de flambaj a zăbrelelor este $l_f=l=\frac{200}{0{,}707}$ cm, se determină :

$$\lambda_x=\frac{200}{0{,}707\cdot 3{,}04}=93\quad\text{și}\quad\varphi_C=0{,}537.$$

Efortul unitar normal este :

$$\sigma=\frac{15\,304}{0{,}537\cdot 19{,}2}=1\,485\ \text{daN/cm}^2<0{,}75R=$$

$$=1\,575\ \text{daN/cm}^2.$$

Exemplul 4.12. Să se dimensioneze cu metoda după stările limită ramura inferioară a stîlpului din exemplul 4.11, executată cu inimă plină (fig. 4.45).

Rezolvare

Din exemplul anterior sînt cunoscute :

Lungimea de flambaj în planul cadrului : $l_{fx}=1\,672$ cm.

Lungimea de flambaj normal pe planul cadrului : $l_{fy}=950$ cm.

Eforturile de calcul :

– în secțiunea *3i* (v. tabelul centralizator de eforturi din exemplul 4.11) :

$M_{max}=1\,623{,}4$ kNm ; $N=-2\,323{,}7$ kN

$M_{min}=-777{,}8$ kNm ; $N=-1\,883{,}6$ kN

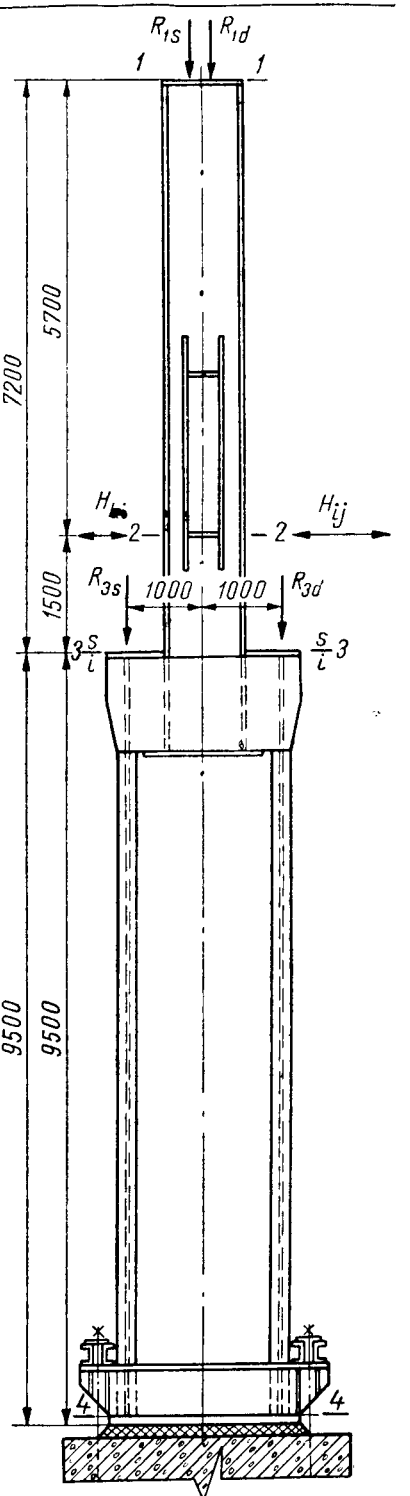


Fig. 4.45.

sau $M_{min}=-626{,}6$ kNm ; $N=-2\,094{,}2$ kN ;

– în secțiunea *4* (v. tabelul centralizator din exemplul 4.11) :

$M_{max}=+2\,475{,}4$ kNm ; $N=-2\,323{,}7$ kN

$M_{min}=-945{,}5$ kNm ; $N=-1\,883{,}6$ kN.

Alegerea secțiunii. Pentru secțiunea cea mai solicitată (*4–4*, v. fig. 4.45) se alege secțiunea transversală a stîlpului de forma și cu dimensiunile arătate în fig. 4.46.

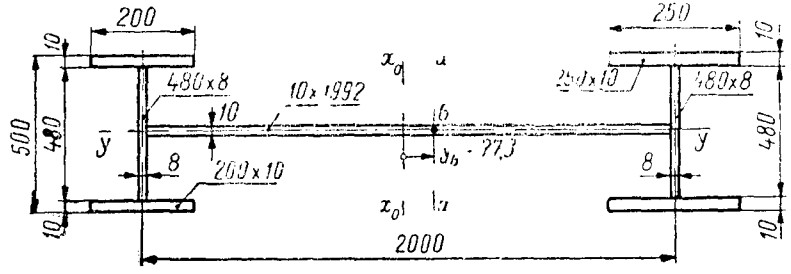


Fig. 4.46.

Calculul caracteristicilor geometrice. Pe secțiunea transversală din fig. 4.46, rezultă :

$$y_G=\frac{(50-40)\,100}{366}=2{,}73 \text{ cm}.$$

Elementele secțiunii transversale (fig. 4.46)	A (cm²)	I_x (cm⁴)	I_y (cm⁴)
1 992×10	199,2	658 697	16
2×480×8	76,8	768 000	14 746
2×250×10	50,0	502 604	30 013
2×200×10	40,0	401 333	24 010
Aria totală	366,0	2 330 634	
$-366\,y_G^2$	—	2 728	—
Momentele de inerție totale	—	2 327 906	68 785

$$i_x=\sqrt{\frac{2\,327\,906}{366}}=79{,}75 \text{ cm} ; \qquad i_y=\sqrt{\frac{68\,785}{366}}=13{,}71 \text{ cm}.$$

Verificarea stabilității în planul cadrului. Verificarea se face cu relația (4.42) determinînd în prealabil mărimile care intervin, astfel :

– pentru $\lambda_x=\frac{1\,672}{79{,}75}=21$, rezultă $\varphi_A=0{,}988$.

Considerînd capătul superior deplasabil, coeficientul C_x, are valoarea :

$$C_x=0{,}85 ;$$

– pentru $\lambda_x=21$, din tabelul 4.54 rezultă $\sigma_{E_x}=469{,}98$ kN/cm²

și $1-\frac{N}{A\sigma_E}=1-\frac{2\,323{,}7}{366\cdot 469{,}98}=0{,}987$, iar

$$W_x=\frac{2\,327\,906}{100+12{,}5}=20\,692 \text{ cm}^3.$$

Solicitările recalculate față de axa centrală $x-x$ sînt :

$$M=+2\,475{,}4-2\,323{,}7\cdot 0{,}0273=2\,412{,}0 \text{ kNm}$$

$$N=2\,323{,}7 \text{ kN}.$$

Cu acestea, din relația (4.42) rezultă :

$$\frac{232\,370}{0{,}988\cdot 366}+\frac{0{,}850\cdot 24\,120\,000}{0{,}987\cdot 20\,692}=642{,}6+1\,003{,}4=1\,646 \text{ daN/cm}^2 <$$

$$< R=2\,100 \text{ daN/cm}^2.$$

Verificarea stabilității în afara planului cadrului. Verificarea se face cu relația (4.45) unde :

– pentru $\lambda_y=\frac{980}{13{,}71}=71{,}5$ corespunde $\varphi_B=0{,}754$;

– pentru $\frac{M_2}{M_1}=\frac{1\,623{,}4}{2\,475{,}4}=0{,}66$ rezultă $C_x=0{,}805+\frac{0{,}06}{0{,}10}\,0{,}048=0{,}833$.

Pentru determinarea lui φ_g se calculează mai întîi λ_{tr} din relația (4.48), după calcularea mărimilor :

– Poziția centrului de răsucire :

$$y_c=\frac{\sum y_{ci}\cdot I_{yi}}{\sum I_{yi}}=\frac{(100-2{,}73)\,37\,385-(100+2{,}73)\,31\,383}{68\,768}=6{,}0 \text{ cm}$$

cu $I_{y1}=\frac{0{,}8\cdot 48^3}{12}+2\cdot 25\cdot 1\cdot 24{,}5^2=37\,385$ cm⁴

$$I_{y_2}=\frac{0{,}8\cdot 48^3}{12}+2\cdot 20\cdot 1\cdot 24{,}5^2=31\,383 \text{ cm}^4.$$

– Momentul de inerție sectorial :

$$I_\omega=\sum I_{\omega i}+\frac{1}{\sum I_{yi}}I_{y1}I_{y2}a^2$$

cu

$$I_{x1}=2\frac{1\cdot 25^3}{12}=2\,604 \text{ cm}^4 ; \quad I_{\omega 1}=I_{x1}\frac{h^2}{4}=2\,604\,\frac{49^2}{4}=1\,563\,051 \text{ cm}^6$$

$$I_{x2}=2\frac{1\cdot 20^3}{12}=1\,333 \text{ cm}^4 ; \quad I_{\omega 2}=I_{x2}\frac{h^2}{4}=\frac{1\,333\cdot 49^2}{4}=800\,133 \text{ cm}^6$$

$$I_\omega=2\,363\,184+\frac{37\,385\cdot 31\,383\cdot 200^2}{68\,768}=684\,636\,000 \text{ cm}^6.$$

— Momentul de inerție convențional la răsucire :

$$I_r=\frac{1}{3}(2\cdot48\cdot0,8^3+2\cdot20\cdot1,0^3+2\cdot25\cdot1,0^3+199,2\cdot1,0^3)=112,78\ \text{cm}^4.$$

— Caracteristica suprafeței :

$$r_x=\frac{1}{I_x}\left[\sum r_{xi}I_{xi}+\sum y_{G_i}(3I_{xi}+I_{yi}+y_{Gi}^2A_i)\right]=$$

$$=\frac{1}{2\ 327\ 906}\left[-2,73\left(3\,\frac{1,0\cdot199,2^3}{12}+16+2,73^2\cdot199,2\right)+\right.$$

$$+97,27\,(3\cdot2\ 604+37\ 385+97,27^2\cdot88,4)-$$

$$\left.-102,73\,(3\cdot1\ 333+31\ 383+102,73^2\cdot78,4)\right]=$$

$$=\frac{1}{2\ 327\ 906}(-5\ 398\ 838+85\ 752\ 204-88\ 632\ 640)=-3,56\ \text{cm}.$$

Cu $\mu=1,0$ și $\mu_0=0,7$ din relația (4.50) rezultă :

$$c^2=\frac{\left(\frac{1,0}{0,7}\right)^2 684\ 636\ 000+0,039\cdot980^2\cdot112,78}{68\ 768}=20\ 374\ \text{cm}^2 \quad \text{și}$$

$$\gamma_1=\sqrt{\frac{2\ 327\ 906}{109,77\cdot366\left[\sqrt{\left(-\frac{3,56}{3}-6,0\right)^2+20\ 374}+\left(\frac{3,56}{3}+6,0\right)\right]}}=0,621$$

$$\lambda_{tr}=0,621\,\frac{980}{13,71}\approx45 \quad \text{și} \quad \varphi_{yB}=0,907.$$

Cu relația (4.45) se obține în final :

$$\sigma=\frac{232\ 370}{0,754\cdot366}+\frac{0,833\cdot24\ 120\ 000}{0,987\cdot0,907\cdot20\ 692}=842+1\ 085=$$

$$=1\ 927\ \text{daN/cm}^2<R=2\ 100\ \text{daN/cm}^2.$$

Verificarea ramurii cea mai comprimată. Se calculează efortul unitar normal în axa ramurii, cu relația :

$$\sigma_1=\frac{N}{A}+\frac{M}{I_x}y=\frac{232\ 370}{366}+\frac{24\ 120\ 000}{2\ 327\ 906}97,27=$$

$$=635+1\ 008=1\ 643\ \text{daN/cm}^2$$

Efortul rezultant este :

$$N_1=\sigma_1A_1=1\ 643\cdot88,4=145\ 241\ \text{daN}$$

Caracteristicile geometrice ale tălpii comprimate :

$$A=38,4+50=88.4\ \text{cm}^2$$

$$I_{y1}=\frac{0,8\cdot48^3}{12}+50\cdot24,5^2=7\ 373+30\ 013=37\ 386\ \text{cm}^4$$

$$i_{y1}=\sqrt{\frac{37\ 386}{88,1}}=20,56\ \text{cm}.$$

Zvelțeța ramurii rezultă :

$$\lambda_y=\frac{950}{20,56}=46 \quad \text{și} \quad \varphi_B=0,902.$$

Efortul unitar normal este :

$$\sigma=\frac{145\ 241}{0,902\cdot88,4}=1\ 822\ \text{daN/cm}^2<R.$$

Verificarea stabilității locale a inimii. Cu valorile de mai sus rezultă :

$$\sigma_1=635+1\ 008=1\ 643\ \text{daN/cm}^2$$

$$\sigma_2=625-1\ 008=-383\ \text{daN/cm}^2$$

$$\tau=\frac{21\ 640}{199,2}=108\ \text{daN/cm}^2.$$

Conform STAS 10108/0-78 pct. 13.2, se calculează mărimea :

$$\psi=\frac{\sigma_1-\sigma_2}{\sigma_1}=\frac{1\ 643+383}{1\ 643}=1,23\ ;$$

pentru $\psi\geqslant1$ se aplică prevederea de la pct. 13.3, conform căruia **supleţea** h_0/t_i **se determină** cu relația (4.56)

$$\frac{h_0}{t_i}=100\sqrt{\frac{2k_3}{\sigma(2-\psi)+\sqrt{\psi^2+4\beta^2}}}$$

unde : k_3 rezultă din tabelul 4.57 (v. STAS 10108/0-78), astfel :

$$k_3=26,7+\frac{0,03}{0,20}\cdot5,9=27,6 \quad \text{și} \quad \beta=0,07\,\frac{\tau k_3}{\sigma},\ \text{după înlocuire rezultă :}$$

$$\beta=0,07\,\frac{108\cdot27,6}{1\ 643}=0,127$$

$$\frac{h_0}{t_i}=100\sqrt{\frac{2\cdot27,6}{16,43\,(2-1,23)+\sqrt{1,23^2+0,127^2}}}=100\sqrt{\frac{55,2}{12,65+1,2365}}=199.$$

Raportul h_0/t_i corespunde deci exact valorii prescrise de standard. **Pentru micșorarea** deformațiilor constructive se va prevedea o rigidizare longitudinală **și rigidizări** transversale.